

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SUELEN CRISTINA ALVES DA SILVA

FLORÍSTICA E VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE MACRÓFITAS  
AQUÁTICAS DE RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO DA BACIA DO  
RIO IGUAÇU, PR – BRASIL

CURITIBA  
2013

SUELEN CRISTINA ALVES DA SILVA

FLORÍSTICA E VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE MACRÓFITAS  
AQUÁTICAS EM RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO DA BACIA DO  
RIO IGUAÇU, PR, BRASIL

Dissertação apresentada como requisito parcial à  
obtenção do título de Mestre em Botânica, no  
curso de Pós-graduação de Botânica, Setor de  
Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade  
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Armando Carlos Cervi  
Co-orientadores: Prof. Dr. André Andrian Padial  
Profª Drª Cleusa Bona

CURITIBA  
2013

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Deus e à minha família que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e acreditando no meu potencial

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pois sem sua presença em minha vida, certamente eu não conseguiria chegar até onde cheguei. Graças à Ele, tive vida, saúde, proteção, inteligência, sabedoria e oportunidade para realizar este trabalho.

Agradeço à minha mãe Rosemari, pai João e irmã Priscila por serem esta família abençoada que tenho a honra de participar. Obrigada pelo amor, amizade e pelas muitas orações para que hoje eu pudesse escrever isso à vocês. Agradeço ao meu grupo familiar e aos meus líderes (Chico e Néia) pelas orações, amizade e companheirismo. Agradeço ao meu querido Maurício pelo amor, apoio, palavras de conforto e coragem que sempre me disse nos momentos certos em que mais precisava.

Agradeço aos meus três orientadores, pois para mim, não tive coorientadores, mas sim três excelentes orientadores. Agradeço ao Profº Armando Carlos Cervi por ter me aceitado como orientada depois de ter mudado completamente a dissertação com 6 meses de mestrado. Agradeço pelas identificações das espécies, mas principalmente pelas diversas histórias de vida compartilhadas. Certamente levarei para toda minha vida as experiências de vida do Profº Armando. Agradeço à Profº Cleusa Bona, pela confiança em me aceitar como orientada e por sempre fazer de tudo para que esse trabalho fosse executado. Obrigada pela companhia nas coletas e pelas muitas risadas. Agradeço ao Profº André Andrian Padial por também me aceitar como orientada e pela paciência em fazer de tudo pra me ensinar estatística. Agradeço pelas horas despendidas em realizar as análises e montar gráficos, assim como pela amizade e confiança em mim depositada. Sua orientação foi essencial para a realização desse trabalho.

Agradeço aos meus queridos amigos do mestrado, verdadeiros companheiros de guerra!!!! Ana Paula Cardozo (pelas risadas e pacificadoras de todas as situações); Daniela Cristina Imig (pela companhia em compras, amizade, cuidado, e por me ensinar a comer frutas com mais frequência); Frederico Fregolente Farraco Mazziero (pelas muitas conversas na “hora de fumar” e pelas aulas de taxonomia de samambaias e licófitas); Carla Adriane Royer (por me ensinar a tomar chimarrão com tanto gosto); Emanuela Castro (pela amizade e conversas abençoadas); Mathias Engels (pelas risadas e por me fazer acreditar que 500ml de café é pouco para um mestrando); Alci Albiero Junior (por me mostrar que tudo é sensacional); Lilien Cristhiane (pela sua amizade doce e sincera); Ana Márcia Charnei (por me orgulhar de sua sobriedade enquanto os outros já entortavam o caneco); Bianca Canestraro (pela sua eterna meninice) dentro outros queridos amigos que irei me lembrar com muito carinho (Patrícia Luz, Mônica Bolson, Tiago Santana, Paulo Carvalho, Ligia Piazza Debone, Camila Alves, Fabiano Maia, Silvia Almeida, Cristina Batista, João Delfrate, Juliana Wojciechowski, Angelita Bernal e Luiz Antonio Acra).

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Botânica por terem contribuído para minha formação como mestre. Lembrarei do conhecimento adquirido com muito carinho e saudades.

Agradeço à Sanepar pela parceria e liberação nas coletas nos reservatórios. Assim como pela companhia e parceria dos barqueiros que aguentaram horas de coleta no barco com chuva, sol e frio.

Agradeço ao Engenheiro Florestal Maurício Bergamini Scheer pela amizade e ajuda em todas as coletas realizadas, assim como sua estagiária Elaine pelo carinho, ajuda e disposição nas coletas pelos reservatórios.

Agradeço à todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse realizado com sucesso. À todos vocês o meu muitíssimo obrigada.....

Fiquem com Deus!!

## EPÍGRAFE

*Confia no SENHOR e fazes o bem; habitarás na terra, e verdadeiramente serás alimentado.*

*Deleita-te também no SENHOR, e te concederá os desejos do teu coração.*

*Entrega o teu caminho ao SENHOR; confia nele, e ele o fará.*

*E ele fará sobressair a tua justiça como a luz, e o teu juízo como o meio-dia.*

*Salmos 37:3-6*

## RESUMO

Macrófitas aquáticas são estruturadoras do ecossistema proporcionando a ciclagem de nutrientes na coluna d'água, além de promover abrigo à fauna aquática. Contudo, a poluição aquática pode promover a intensa proliferação dessas plantas causando efeitos deletérios ao meio aquático além de encarecer os custos com manutenção de turbinas e grades de segurança em reservatórios. O objetivo do presente trabalho foi realizar um levantamento florístico e estudo ecológico da variação espaço-temporal das comunidades de macrófitas de quatro reservatórios de abastecimento público da bacia hidrográfica do rio Iguaçu – PR. O levantamento florístico inventariou nos quatro reservatórios 110 espécies, 66 gêneros e 37 famílias. A família Cyperaceae foi a mais representativa (21 spp.), seguida de Asteraceae (10 spp.), Poaceae (9 spp.), Onagraceae e Polygonaceae (8 spp. cada). O estudo ecológico foi realizado em bancos de macrófitas dos quatro reservatórios onde, a extensão dos bancos, riqueza de espécies, equitabilidade, diversidade beta, Índice de Shannon-Wiener e composição de espécies foram avaliados. Espécies bioindicadoras de cada reservatório foram determinadas pela análise IndVal. Os resultados revelaram que há variação temporal nos reservatórios para a riqueza de espécies e para a sua composição. A extensão dos bancos de macrófitas varia tanto temporal quanto espacialmente. A diversidade beta não apresentou variação, pois todos os reservatórios são sujeitos às mesmas variações ambientais. Os resultados indicaram que os reservatórios apresentam uma significativa variação espacial nas métricas de biodiversidade e composição específica. Devido à ação promotora de biodiversidade exercida pela comunidade das macrófitas aquáticas, o entendimento da sua dinâmica espacial e temporal é central para subsidiar ações de manejo e conservação.

Palavras-chave: Macrófitas aquáticas, Estudo ecológico, Florística, Reservatórios

## **ABSTRACT**

Macrophytes structure aquatic biota providing nutrient cycling in the water column, and promote shelter to aquatic fauna. However, water pollution can promote the proliferation of these plants causing severe deleterious effects to aquatic endear plus maintenance costs in reservoirs turbine and security grid. In the present study, four public supply reservoirs of the Iguaçu river basin underwent a taxonomic and ecological study of its macrophytes communities. The floristic survey in the four reservoirs inventoried 110 species, 66 genera and 37 families. The family Cyperaceae was the most representative one (21 spp.), followed by Asteraceae (10 spp.), Poaceae (9 spp.), Onagraceae and Polygonaceae (8 spp. each). The ecological study was conducted in macrophytes of four reservoirs where the extent of banks, species richness, evenness, beta diversity, shannon-wiener index and species composition were evaluated. Bioindicators species of each reservoir were determined by IndVal analysis. The results revealed that there is temporal variation in the reservoirs for species richness and its composition. The extent of macrophyte varies both temporally and spatially. The beta diversity did not change because all the reservoirs are subject to the same environmental variations. The results indicated that the reservoirs have a significant spatial variation in the metrics of biodiversity and species composition. Due to the action exerted by the promoter of biodiversity of macrophyte community, understanding its spatial and temporal dynamics is central to subsidize conservation and management actions.

Key-words: Aquatic macrophytes, Ecological study, Floristic, Reservoir



## SUMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b>	8
1.1 LOCAL DE ESTUDO	9
1.1.1 Reservatório Iraí	10
1.1.2 Reservatório Passaúna	11
1.1.3 Reservatório Piraquara I	11
1.1.4 Reservatório Piraquara II	11
<b>2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	13
CAPITULO 1	
FLORÍSTICA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS DE RESERVATÓRIOS DA BACIA DO RIO IGUAÇU – PR, BRASIL	16
RESUMO E ABSTRACT	17
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	18
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	19
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	21
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	28
CAPÍTULO 2	
VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM RESERVATÓRIOS URBANOS DEABASTECIMENTO	35
RESUMO E ABSTRACT	36-37
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	38
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	40
2.1 ÁREA DE ESTUDO	40
2.2 DESENHO AMOSTRAL	41
2.3 ANÁLISE DE DADOS	43
<b>3 RESULTADOS</b>	44
<b>4 DISCUSSÃO</b>	52
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	57
<b>ANEXO</b>	60

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Dentre os inúmeros impactos causados pelo homem no meio ambiente, o despejo de resíduos sólidos e líquidos em rios, córregos, lagos, lagoas e reservatórios vêm apresentando grande destaque devido ao comprometimento da qualidade da água (IAP, 2009). Os efeitos deletérios da poluição aquática na biota são de especial interesse em reservatórios, nos quais a proliferação de espécies aquáticas daninhas surge em resposta ao aumento de nutrientes presentes em esgotos domésticos e industriais (Pompêo *et al.* 2005).

Reservatórios são sistemas abertos que usualmente recebem todo e qualquer tipo de composto ou substância presente nos corpos aquáticos da bacia hidrográfica a qual está inserido. Devido à hidrodinâmica desses ambientes, o processo de eutrofização pode iniciar-se frente à retenção de substâncias em seus ciclos produtivos, aumentando assim a produção primária (VOLLENWEIDER, 1968).

Macrófitas aquáticas são vegetais que habitam desde ambientes brejosos rasos até ambientes verdadeiramente aquáticos. Essa flexibilidade em habitar ambientes distintos é proveniente tanto de características morfológicas, anatômicas e fisiológicas dessas plantas (Esteves, 1998; Camargo; Capobianco; Oliveira, 2003). As macrófitas que habitam as margens e o interior dos corpos hídricos pertencem a diferentes tipos funcionais: anfíbio, emergente, fixas com folhas flutuantes, flutuantes, submersas enraizadas e submersas livres. A composição de espécies e a ocorrência de grupos funcionais de macrófitas variam entre corpos aquáticos dependendo de diversos fatores ambientais (Esteves, 1998; Wetzel, 1983; Moss, 1995; Beklioglu; Moss, 1996; Lacoul; Freedman, 2006; Bento; Maroota; Enrich-Prast, 2007).

A intensa proliferação de macrófitas aquáticas em reservatórios é, muitas vezes, consequência da elevada disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, da eutrofização gerada pela atividade antrópica (Pompêo; Silva; Mochini-Carlos, 2005). Quando em grandes quantidades, as macrófitas aquáticas induzem o aumento do déficit de oxigênio, formação de gases tóxicos ( $H_2S$ ,  $CH_4$ , etc.), diminuição do pH da água (Pedralli, 2003) retenção de nitrogênio e fósforo; aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO); trocas gasosas entre água e ar reduzidas; alteração na produção primária de fitoplâncton e demais níveis e crescimento de animais de implicação médico-sanitária (Cunha-Santino; Bianchini Jr., 2011), retenção de substrato, redução da biodiversidade, prejuízos aos esportes náuticos e o entupimento de tubulações (Thomaz, 2002) encarecendo os custos de manejo das usinas hidrelétricas dos reservatórios

(Pompêo, 1999). Segundo Pedralli (2003), estas alterações causam efeitos deletérios sobre as comunidades do fitoplâncton, zooplâncton, bentos e peixes. Para o controle e manejo das macrófitas aquáticas, diversas metodologias têm sido utilizadas, seja através de métodos químicos, biológicos e mecânicos, sendo este último mais eficaz em casos de grandes proporções, apresentando assim menor impacto ambiental (SUMMERFELT, 1993; MÜLLER, 1995).

Mesmo apresentando tantos efeitos colaterais ao meio ambiente, as macrófitas aquáticas possuem grande importância ambiental. Após a década de 80, os estudos com macrófitas se intensificaram e seu papel na dinâmica de ecossistemas lacustres foi reconhecido (Esteves, 1998). Atualmente, entende-se que as macrófitas aquáticas são estruturadoras dos ecossistemas, aumentando assim a diversidade de habitats e microhabitats (Thomaz *et al.* 2007). Consequentemente, um aumento na diversidade de outras espécies ocorre tanto por essas plantas agirem como refúgio e alimentação de diversas espécies de peixes, como por serem locais para nidificação e desova (Jeppesen *et al.* 1997). Além disso, as macrófitas aquáticas podem constituir um substrato para o estabelecimento da microbiota perifítica (biofilme composto por algas, protozoários, fungos e bactérias) (Pompêo; Mochini-Carlos, 2003; Fernandes; Oliveira; Lacerda, 2008). Contudo, para manejo e conservação de ambientes lacustres, uma das características mais relevantes é a capacidade de serem bioindicadoras da qualidade da água (Thomaz; Bini, 2003). O biomonitoramento através de macrófitas aquáticas apresenta diversas vantagens quando comparado a outros índices de monitoramento da qualidade de água. Isso é possível mediante a fácil observação destas plantas nas quais, pela presença ou ausência, tamanho da população ou comunidade, forma, análise de parâmetros ou seus atributos funcionais, podem indicar a qualidade da água (MURPHY, 2000). O objetivo do presente trabalho foi realizar um levantamento florístico e um estudo ecológico da variação espaço-temporal das comunidades de macrófitas de quatro reservatórios de abastecimento público da bacia hidrográfica do rio Iguaçu – PR.

## 1.1 LOCAL DE ESTUDO

A Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar atende mais de 86% dos municípios do Estado, além de Porto União em Santa Catarina. Fornece água tratada à 9,5 milhões de pessoas e esgotamento sanitário à 6 milhões de pessoas além, do gerenciamento de resíduos sólidos (Sanepar, 2013).

O fornecimento de água para Curitiba e Região Metropolitana, para abastecimento público é realizado mediante a oferta de água de reservatórios. Estes recebem uma classificação de qualidade da água do IAP (Instituto Ambiental do Paraná) quanto ao seu grau de degradação (IAP, 2009). Esta classificação é vigente no Estado pela ausência de uma legislação específica que enquadre reservatórios e lagos no país. A necessidade em criar uma classificação dessa natureza se deve ao favorecimento dos três planaltos do Estado para a construção de Usinas Hidrelétricas e conseqüentemente formação de reservatórios. Dessa forma, o IAP estabeleceu um monitoramento em todos os reservatórios do Estado com informações ecológicas e de qualidade da água. Sua finalidade é fornecer informações para medidas de manejo objetivando a conservação e/ou recuperação da qualidade da água desses ambientes (IAP, 2009). Mediante os dados obtidos das diversas análises ambientais, um sistema de classificação foi realizado diferenciando os reservatórios quanto ao seu grau de degradação da qualidade da água. Segundo o IAP, as variáveis: Déficit de oxigênio ( $\text{DefO}_2$ ), concentração de Fósforo total (P-mg/L), concentração de Nitrogênio Inorgânico Total (N-mg/L), concentração de Clorofila *a* ( $\mu\text{g/L}$ ), transparência do disco de Secchi (m), Demanda Química de Oxigênio (mg/L), Tempo de residência (dias), Profundidade média (m) e concentração de Cianobactérias ( $\text{n}^\circ$  de células/ml)<sup>(1)</sup> são as mais indicadas para a caracterização da qualidade da água e portanto, foram as utilizadas para a construção da matriz de qualidade da água. Esta apresenta seis classes que representam o comprometimento da qualidade da água sendo, a de Classe I - ambiente não degradado ou muito pouco degradado; Classe II – pouco degradado; Classe III – moderadamente degradado; Classe IV – Criticamente degradado à poluído; Classe V – Muito poluído e Classe VI – Extremamente poluído (IAP, 2009).

Os reservatórios de abastecimento público para Curitiba e Região Metropolitana que foram estudados pelo presente trabalho são os seguintes:

#### 1.1.1 Reservatório Iraí

Classificado como criticamente degradado à poluído (classe IV) pelo IAP. Seus principais contribuintes são os rios Timbu, Curralinho e Canguiri (Andreoli; Carneiro, 2005). Ao longo de sua margem esquerda, próximo à barragem, é notável a presença da Colônia Penal de Piraquara. A presença de moradias, campo de golf e atividades de pesca amadora clandestina são observados neste reservatório. O contribuinte rio Timbu

lança no reservatório a maior carga orgânica com resíduos sólidos causando o mau odor na água (Alves-da-Silva, 2011; 2012).

#### 1.1.2 Reservatório Passaúna

Classificado como moderadamente degradado (Classe III) pelo IAP. Está localizado na área de proteção ambiental (APA) da bacia do rio Passaúna (IAP, 2009). Suas margens são antropizadas devido a construções, pesca clandestina, presença de rua asfaltada, depósito de esgoto e trilhas para pedestres e ciclistas. A mata ciliar ocorre com raridade ao longo do reservatório e isto se deve aos moradores de residências que estenderam seus jardins até a margem do reservatório. Além disso, é comum a criação de cavalos, carneiros, galinhas e patos nas margens. Com a chuva ocorre a lixiviação das excretas dessas criações para dentro da água comprometendo a sua qualidade (Alves-da-Silva, 2011; 2012).

#### 1.1.3 Reservatório Piraquara I

Classificado como pouco ou fracamente degradado (Classe II) pelo IAP e localizado na APA do rio Piraquara (IAP, 2009). Suas margens apresentam mata ciliar conservada ao longo de toda sua extensão. É um reservatório situado próximo à serra do mar do Paraná. O leito do reservatório é estreito (aprox. 150 m) e profundo na sua região central (+ de 5 m de profundidade e composto por diversos braços). O rebanho de bovinos ocorre apenas em um ponto da margem do reservatório onde ocorre também a presença de plantação de pinos (Alves-da-Silva, 2011; 2012).

#### 1.1.4 Piraquara II

Ainda não apresenta uma classificação quanto ao seu grau de degradação pelo fato de ser um reservatório novo. Também é localizado na APA do rio Piraquara. Sua margem direita apresenta melhor estado de conservação em termos de mata ciliar do que a margem esquerda. A presença mais significativa de bancos de macrófitas ocorre na margem direita. A margem esquerda apresenta áreas de criação de ovinos, degradação de mata ciliar pelos jardins das residências além de plantações de pinus. Pesca clandestina e banhistas são frequentes no reservatório (Alves-da-Silva, 2011; 2012).

O presente trabalho está organizado em dois capítulos que repercutiram em artigos científicos. O primeiro capítulo, intitulado “Florística de macrófitas aquáticas de

reservatórios da Bacia do rio Iguaçu – PR, Brasil”, aborda o levantamento da flora aquática dos reservatórios já citados. Este capítulo repercutirá em um artigo para publicação na revista científica Checklist: journal of species list and distribution. A apresentação deste capítulo está de acordo com as normas para publicação desta revista (normas em anexo). O segundo capítulo, intitulado “Dinâmica espacial e temporal da comunidade de macrófitas aquáticas em reservatórios urbanos de abastecimento”, trata de um estudo ecológico das macrófitas presentes nos reservatórios estudados. Este capítulo repercutirá em um artigo para publicação na revista científica Aquatic Botany. A apresentação do segundo capítulo segue as normas para publicação desta revista (normas em anexo).

## 2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES-DA-SILVA, S. C. Caracterização dos reservatórios. Curitiba, Out. 2011. Anotação de campo.

ALVES-DA-SILVA, S. C. Caracterização dos reservatórios. Curitiba, Jan e Jun. 2012. Anotação de campo.

ANDREOLI, C. V., CARNEIRO, C. Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. Curitiba: Sanepar/Finep. 500 p. 2005.

BENTO, L.; MAROOTA, H.; ENRICH-PRAST, A. O papel das macrófitas aquáticas emersas no ciclo do fósforo em lagos rasos. Rio de Janeiro. **Oecologia Brasiliensis**. v. 11, n. 4, p. 582-589. 2007.

BEKLIOGLU, M.; MOSS, B. Existence of a macrophyte dominated clear water state over a very wide range of nutrient concentration in a small shallow lake. **Journal of Hydrob.** Bélgica: Kluwer Academic Publishers v. 337. p. 93-106. 1996.

CAMARGO, A.; CAPOBIANCO, J. P. R.; OLIVEIRA, J. A. P. **The state of the Brazilian environment 1992-2002: a view from civil society**. CIDS/EBAPE, Rio de Janeiro. p. 47, 2003.

CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI Jr., I.. Colonização de macrófitas aquáticas em ambientes lênticos. Boletim ABLimno, **ABLimno**, 2011.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência/Finep. p. 1-575.1998.

FERNANDES, U. L.; OLIVEIRA, E. C. C.; LACERDA, S. R.. **O perifíton como indicador da qualidade ambiental em um reservatório no município de Crato, Ceará**. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal – RN, 11 a 14 nov. 2008.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Monitoramento da qualidade das águas dos rios da Região de Curitiba, no período de 2005 a 2008**. Curitiba, 120 p. 2009.

JEPPESEN, E.; SØNDERGAARD, M.; SØNDERGAARD, M.; CHRISTOFFERSEN, K. The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes. **Springer**, 471p. 1997.

LACOUL, P.; FREEDMAN, E. B. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. *Environmental Reviews* n. 14, p. 89–136, 2006.

MOSS, B. **Ecology of freshwaters**. Man and médium. Londres: Blackwell Scientific Publication. 2ª edição. p. 417. 1995.

MULLER, N. River dynamics and floodplain vegetation and their alterations due to human impact. **Arch. Hydrobiol.** Suppl. 10. Large Rivers 9, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 1995.

MURPHY, K. J. Predizendo alterações em ecossistemas aquáticos continentais e áreas alagáveis: o potencial de sistemas bioindicadores funcionais utilizando macrófitas aquáticas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia**, Maringá, n. 27, p. 7-9, 2000.

PEDRALLI, G. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. IN: S. M. Thomaz & L. M. Bini (eds.) **Ecologia e Manejo de macrófitas aquáticas**. Ed. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, 2003.

POMPÊO, M. L. M.. As macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais: aspectos ecológicos e propostas de monitoramento. In: POMPÊO, M. L. M., **Perspectivas da Limnologia no Brasil**. São Luis: Gráfica e Editora União. p. 191. 1999.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Macrófitas Aquáticas e Perifíton – Aspectos ecológicos e Metodológicos. São Carlos: **RiMA**, Cap. 4, p. 63 – 85, 2003.

POMPÊO, M. L. M., SILVA, S. C.; MOSCHINI-CARLOS, V. A deterioração da qualidade de águas continentais brasileiras: o processo de eutrofização. **Saneas**. v. 21, n.2, p. 24-28. 2005.

SANEPAR. Companhia de saneamento do Paraná. Perfil da empresa. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/a-sanepar/perfil>> Acesso em: 02/01/2013

SUMMETFELT, S. T. **Low-head roughing filters for enhancing recycle water treatment for aquaculture**. Dissertação de Doutorado. Universidade de Iowa, Ames, Iowa. 1993.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 20, p. 21-33, 2002. Edição Especial.



THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. IN: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (eds.) **Ecologia e Manejo de macrófitas aquáticas**. Ed. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, 2003.

THOMAZ, S. M.; DIBBLE, E. D.; EVANGELISTA, L. R.; HIGUTI, J.; BINI, L. M. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. **Freshwater Biology**. n. 53, p. 358-367. 2007.

VOLLENWEIDER, R. A. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. **OECD Technical Report**. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. Technical Report DAS/CS 1/68. v. 27, p. 250, 1968.

WETZEL, R. G.. **Limnology**. Philadelphia. Saunders College Publish. p. 767. 1983.

## CAPÍTULO 1

# FLORÍSTICA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS DE RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO DA BACIA DO RIO IGUAÇU – PR, BRASIL

## RESUMO

Estudos de levantamentos florísticos com macrófitas aquáticas auxiliam o monitoramento e manejo em ambientes aquáticos. O presente trabalho teve por objetivo realizar um levantamento florístico de macrófitas aquáticas em quatro reservatórios (Iraí, Passaúna, Piraquara I e II) da Bacia do Rio Iguaçu – PR. As coletas seguiram técnicas usuais para herborização de plantas vasculares. As espécies foram classificadas conforme hábito de vida. Foram encontradas 110 espécies distribuídas em 66 gêneros e 37 famílias, destas 46% são monoespecíficas. Três espécies pertencem à família Salviniaceae, uma hepática e as demais às Angiospermas. O reservatório com maior diversidade foi o Passaúna (58 spp.), seguido do Piraquara I (50 spp.), Piraquara II (44 spp.) e Iraí (43 spp.). A família de maior riqueza para os quatro reservatórios foi Cyperaceae com 21 espécies (19%), seguida de Asteraceae com 10 espécies (9%), Poaceae com 9 espécies (8%), Onagraceae e Polygonaceae com 8 espécies (7%). Os hábitos de vida de maior ocorrência foram anfíbio (44,5%) e emergente (41%). O presente estudo poderá auxiliar planos de manejo dos reservatórios estudados devido ao fato das macrófitas serem estruturadoras do meio assim como contribuintes da biodiversidade.

**Palavras – chave:** Reservatórios, lista de espécies, macrófitas aquáticas.

## ABSTRACT

Floristic studies with macrophytes assist the monitoring and management in aquatic environments. The present study aimed to conduct a floristic survey of macrophytes in four reservoirs (Iraí, Passaúna, Piraquara I and II) of the Iguaçu River Basin - PR. Sampling followed the usual techniques for herborization of vascular plants. The species were classified as lifestyle habits. We found 110 species in 66 genera and 37 families, 46% of these are monospecific. Three species belong to the family Salviniaceae, a liver and the other to Angiosperms. The tank with the greatest diversity is Passaúna (58 spp.), Followed by Piraquara I (50 spp.), Piraquara II (44 spp.) And Iraí (43 spp.). The family of richness for the four reservoirs were Cyperaceae with 21 species (19%), followed by Asteraceae with 10 species (9%), Poaceae species with 9 (8%), Onagraceae and Polygonaceae species with eight (7%). Life habits were most frequent amphibian (44.5%) and emerging (41%). This study may assist management plans of the reservoirs due to the fact that macrophytes are structuring the environment as well as taxpayers biodiversity.

**Key-words:** Reservoirs, list of species, macrophytes.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, sabe-se que a distribuição espacial das macrófitas aquáticas esta diretamente relacionada às condições abióticas da água assim como o regime hidrológico da região (Junk *et al.*, 1989). A caracterização de ambientes aquáticos tem sido possível mediante análises quantitativas e qualitativas de macrófitas aquáticas (Cervi *et al.*, 2009) conciliadas à análises ecológicas (Matias *et al.*, 2003; Mouillot *et al.*, 2005; Moura-Júnior *et al.*, 2009; Kafer *et al.*, 2011; Padial *et al.* 2012). De fato, estudos de composição florística de macrófitas aquáticas vêm contribuindo para o conhecimento dos padrões e processos de biodiversidade (Thomaz e Bini 2003; Pompêo e Moschini-Carlos, 2003), assim como o conhecimento das condições abióticas do ambiente aquático (Sobral-Leite *et al.* 2010; Galvão *et al.*, 2011). As informações básicas contidas em listas de espécies e os fatores ambientais responsáveis pela variação espacial e temporal da comunidade de macrófitas aquáticas auxiliam o monitoramento, manejo (Thomaz e Bini, 1998; 2003; Pompêo, 1999; Thomaz, 2002; Pompêo e Moschini-Carlos, 2003) e podem direcionar classificações ambientais (Maltchik *et al.*, 2007). Os estudos de fauna associada às plantas em ecossistemas aquáticos demonstram que a diversidade das macrófitas contribui significativamente para a sobrevivência e reprodução de diferentes grupos de animais (Nessimian e De Lima, 1997; Peiró e Alves, 2004; Sánchez-Botero e Araújo-Lima, 2001; Albertoni e Würdig, 1996) assim como para a diversidade das espécies em ecossistemas aquáticos (Lima *et al.*, 2011).

Levantamentos florísticos de macrófitas aquáticas para o Estado do Paraná em reservatórios são poucos (Ferreira *et al.*, 2011; Rocha e Martins, 2011; Bini *et al.*, 2001; Thomaz *et al.*, 1999 e Thomaz *et al.*, 1997). A maioria dos trabalhos se concentra em grandes localidades (Cervi *et al.*, 2009; Milne *et al.*, 2005; Thomaz *et al.*, 2004a; Thomaz e Bini, 2003; Souza *et al.*, 1997 e Cervi *et al.*, 1983). O presente trabalho teve como objetivo o levantamento florístico de macrófitas aquáticas em quatro Reservatórios da Bacia do Rio Iguaçu – PR.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento florístico foi realizado nos reservatórios: Iraí, Passaúna, Piraquara I e II (Figura 1) situados na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu, PR. Pertencentes à empresa de saneamento ambiental do Paraná (Sanepar), esses reservatórios fornecem abastecimento público de água para Municípios de Piraquara, Pinhais (Reservatórios Iraí, Piraquara I e II), Almirante Tamandaré, Araucária, Campo Largo, Campo Magro e Curitiba (Reservatório Passaúna).

O inventário botânico das espécies de macrófitas aquáticas desses reservatórios inclui coletas realizadas em 2007, 2009, 2011 e 2012 nas quatro estações do ano. As macrófitas aquáticas foram coletadas mediante inspeções com barco em toda a extensão dos reservatórios. Foram fotografadas no seu habitat natural, coletadas, prensadas em jornal e secas em estufa à 60°C. As exsiccatas foram depositadas nos herbário UPCB, MBM e HUCP. O sistema de classificação das espécies seguiu o protocolo APG III (2009). Utilizou-se da Lista de Espécies da Flora do Brasil (Forzza *et al.* 2012) para a correta nomenclatura e citação dos autores. As espécies coletadas foram selecionadas de acordo com o conceito de macrófitas aquáticas *sensu latu*, segundo Cook (1974). As formas biológicas foram consideradas de acordo com Pedralli (1990): 1) submersas fixas; 2) submersas livres; 3) flutuantes fixas; 4) flutuantes livres; 5) emergentes; 6) anfíbias; 7) epífitas.

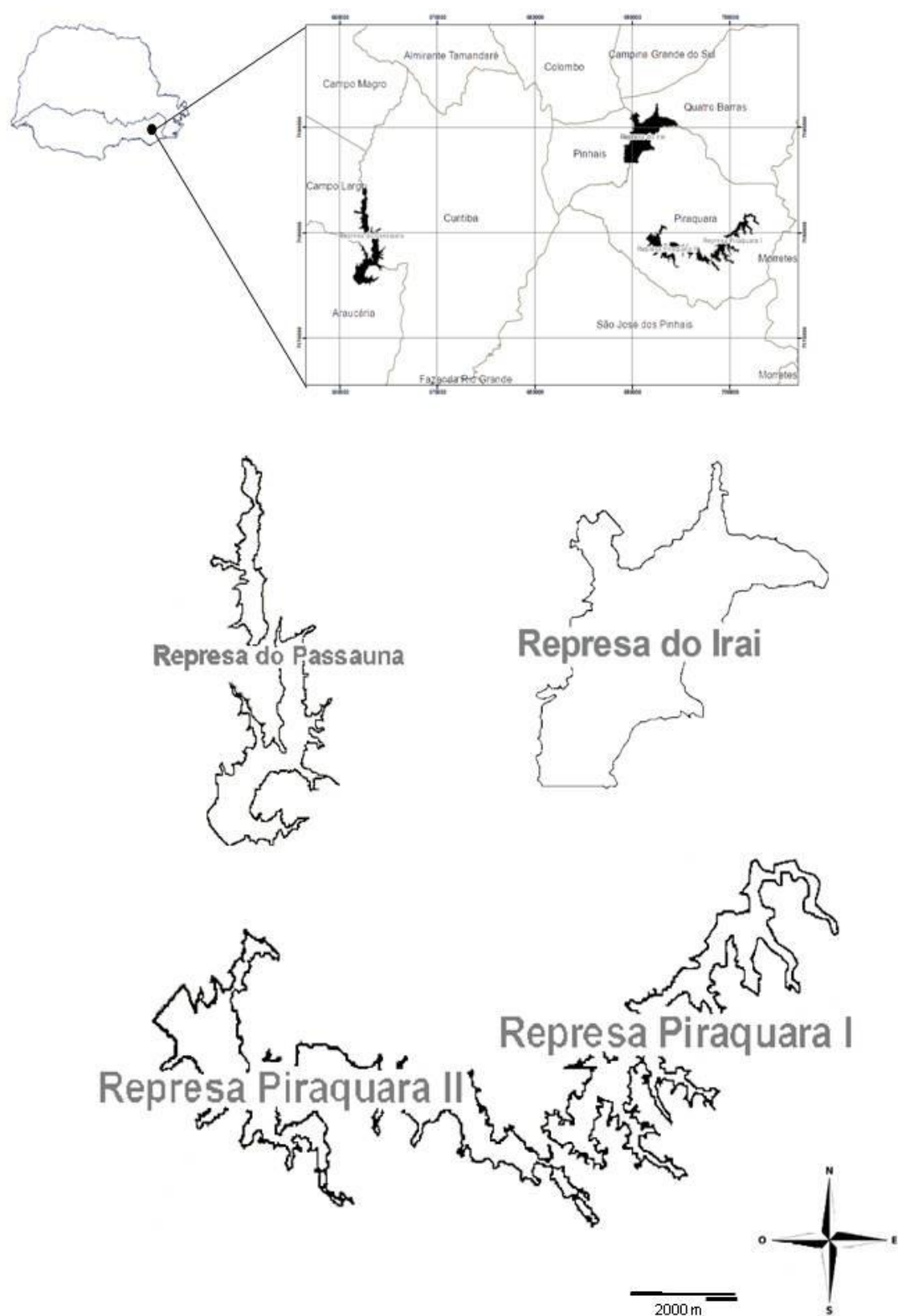


Figura 1: Mapa dos reservatórios. Destaque para os reservatórios Iraí, Passaúna, Piraquara I e II na Bacia hidrográfica do rio Iguaçu - PR.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O inventário florístico nos quatro reservatórios resultou num total de 110 espécies de macrófitas aquáticas distribuídas em 66 gêneros e 37 famílias, sendo que 46% das famílias são monoespecíficas. Três espécies são Pteridófitas (Salviniaceae), uma Briófitas (Ricciaceae) e as demais, Angiospermas (Tabela 1). As espécies *Centella asiática*, *Elephantopus mollis*, *Drymaria cordata*, *Nymphaea caerulea* e *Rumex obtusifolius* não são nativas, mas sim naturalizadas no Brasil. Todas as Cyperaceas com exceção à *Carex brasiliensis* e *Cyperus consanguineus* assim como as espécies *Juncus micranthus* e *J. microcephalus* são encontradas na mata atlântica, porém sem citação para o Estado do Paraná. *Cuphea glutinosa* é endêmica para o sudeste e sul do país enquanto que *Ludwigia hookeri* apresentam endemismo apenas para o Estado do Paraná. As demais espécies são nativas e não endêmicas no Brasil (Forzza *et al.* 2012).

Tabela 1. Lista de macrófitas aquáticas de quatro Reservatórios da Bacia do Rio Iguaçu. PS= Passaúna; PRI= Piraquara I; PRII= Piraquara II; IR= Iraí

<b><u>ANGIOSPERMAS</u></b>	<b>Hábito</b>	<b>PS</b>	<b>PR I</b>	<b>PR II</b>	<b>IR</b>	<b>Nº do Coletor Bona <i>et al.</i>, (2007, 2009, 2011)</b>	<b>Nº do Coletor Alves-da-Silva <i>et al.</i>, (2012)</b>
ACANTHACEAE							
<i>Hygrophila costata</i> Nees	Emergente	X		X			70/97
ALISMATACEAE							
<i>Echinodorus grandiflorus</i> (Cham. & Schltr.) Micheli	Emergente			X	X	477/616	38/91
<i>Sagittaria montevidensis</i> Cham. & Schltdl.	Emergente				X		44
AMARANTHACEAE							
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	Emergente	X	X	X	X	419/460/511/527/571	
APIACEAE							
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	Emergente	X				383	60
<i>Lilaeopsis minor</i> (Glaz.) Affolter	Submerso fixo			X			100
ARACEAE							
<i>Lemna valdiviana</i> Phil.	Flutuante livre	X	X		X	517/558/596	
<i>Spirodela intermedia</i> W. Koch	Flutuante livre		X			598	
ARALIACEAE							
<i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam.	Flutuante fixo				X	418	
<i>Hydrocotyle leucocephala</i> Cham. &	Flutuante	X				383	

Schltl.	fixo						
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f.	Flutuante fixo		X	X	X	513/522/608	40/111
ASTERACEAE							
<i>Austroeupatorium inulaefolium</i> (Kunth) R.M.King & H.Rob.	Anfibio	X	X			546/593	
<i>Austroeupatorium picturatum</i> (Malme) R.M.King & H.Rob.	Anfibio	X				396	
<i>Bidens laevis</i> (L.) Britton et al.	Anfibio				X		130
<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	Anfibio	X				409	
<i>Elephantopus mollis</i> Kunth	Anfibio	X				394	
<i>Erigeron maximus</i> (D. Don) DC.	Anfibio		X			429	
<i>Pluchea sagittalis</i> (Lam.) Cabrera	Anfibio	X	X			407/424	
<i>Senecio jurgensii</i> Mattf.	Anfibio	X	X	X		395/549/603	
<i>Solidago chilensis</i> Meyen	Anfibio	X				405	
<i>Urolepis hecatantha</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	Anfibio	X				406	
CAMPANULACEAE							
<i>Lobelia hassleri</i> Zahlbr.	Anfibio			X			107
CARYOPHYLLACEAE							
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Roem. & Schult.	Anfibio				X	469	
COMMELINACEAE							
<i>Commelina erecta</i> L.	Anfibio	X	X	X	X	459/471/537/594	43/93
<i>Commelina diffusa</i> Burm. F	Anfibio		X				131
CYPERACEAE							
<i>Carex brasiliensis</i> A. St.-Hil.	Emergente			X		528	
<i>Cyperus consanguineus</i> Kunth	Emergente	X				541/545	
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Emergente	X				408	
<i>Cyperus haspan</i> L.	Emergente		X			587	
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz.	Emergente	X		X		526/531	69/63
<i>Eleocharis acutangula</i> (Roxb.) Schult.	Emergente	X	X	X		377/532/590	53/90
<i>Eleocharis</i> cf. <i>bonariensis</i> Nees	Emergente			X		613	
<i>Eleocharis maculosa</i> (Vohl.) Roem. & Schult.	Emergente	X			X	378	41/59
<i>Eleocharis</i> cf. <i>minina</i> Kunth	Emergente		X			574	
<i>Eleocharis montana</i> (Kunth) Roem. & Schult.	Emergente		X	X		589/612	121/81
<i>Eleocharis niederleinii</i> Boeckeler	Emergente			X			73
<i>Eleocharis obtusetrigona</i> (Lindl. & Nees) Steud.	Emergente	X					55
<i>Eleocharis sellowiana</i> Kunth	Emergente		X	X		600/520	113/117/120/88
<i>Eleocharis subarticulata</i> (Nees) Boeckeler	Emergente	X	X			588	52
<i>Fimbristylis complanata</i> (Retz.) Link	Emergente		X			423	
<i>Fuirena incompleta</i> Nees	Emergente	X				402	
<i>Pycneus decumbens</i> T.Koyama	Emergente	X			X	388/544/556	56/129
<i>Rhynchospora asperula</i> (Ness) Steud.	Anfibio				X	410	
<i>Rhynchospora corymbosa</i> var. <i>asperula</i> (Nees) Kuk.	Anfibio			X			82
<i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britton	Anfibio	X	X	X	X	403/463/507/550/604	
<i>Rhynchospora marisculus</i> Lindl. & Nees	Anfibio			X			84
HALORAGACEAE							
<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc.	Submerso fixo	X	X	X	X	376/415/508/543/606	
HYPERICACEAE							





<i>Hymenachne pernambucensis</i> (Spreng.) Zuloaga	Anfibio				X		39
<i>Leersia hexandra</i> Sw.	Anfibio		X		X	581	28
<i>Luziola peruviana</i> Juss. ex J.F.Gmel.	Anfibio	X		X			50/68/105
<i>Panicum aquaticum</i> Poir.	Anfibio		X		X	519/577	45
<i>Panicum pilosum</i> Sw.	Anfibio	X	X			534/595	
<i>Panicum repens</i> L.	Anfibio	X			X	385/422/473	
<i>Panicum schwackeanum</i> Mez	Anfibio	X	X	X	X	535/579/609	31/49/99
<i>Paspalum mandiocanum</i> Trin.	Anfibio	X					67
<i>Schizachyrium microstachyum</i> (Desv. ex Ham.) Roseng.	Anfibio	X				548	
POLYGONACEAE							
<i>Polygonum acuminatum</i> Kunth	Emergente		X		X	431/466/457/506/576	30
<i>Polygonum hydropiperoides</i> Michx.	Emergente	X	X	X	X	572	32/71/74/75/96
<i>Polygonum meisnerianum</i> Cham.	Emergente	X	X		X	393	37/116
<i>Polygonum persicaria</i> L.	Emergente	X		X		380/602	
<i>Polygonum punctatum</i> Elliott	Emergente	X	X		X	433/475/515/533	
<i>Polygonum rubricaulis</i> Cham.	Emergente		X		X	458/561/578	
<i>Polygonum stelligerum</i> Cham.	Emergente			X			83
<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Emergente		X			434	
PONTEDERIACEAE							
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Flutuante livre	X	X		X	416/481/516/551/597	
<i>Heteranthera zosterifolia</i> Mart.	Emergente			X			87
<i>Pontederia lanceolata</i> L.	Emergente				X	509	33
POTAMOGETONACEAE							
<i>Potamogeton polygonus</i> Cham. & Schltdl.	Submerso fixo	X				559	64
RUBIACEAE							
<i>Diodia alata</i> Nees & Mart.	Anfibio	X	X			390	114
<i>Diodia saponariifolia</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum	Anfibio	X	X			381/555/570/591	112
<i>Oldenlandia salzmännii</i> (DC.) Benth. & Hook.f. ex B.D.Jacks.	Anfibio	X	X	X	X	470/389/582/539	58/98/110
SOLANACEAE							
<i>Solanum pseudocapsicum</i> L.	Anfibio	X				392	
TYPHACEAE							
<i>Typha latifolia</i> L.	Anfibio	X				542	66
<i>Typha angustifolia</i> L.	Anfibio				X	479	
<i>Typha</i> sp.	Anfibio		X				
XYRIDACEAE							
<i>Xyris jupicai</i> Rich.	Anfibio		X				122
<b><u>BRIÓFITAS</u></b>							
RICCIACEAE							
<i>Ricciocarpus natans</i> (L.) Corda	Flutuante livre		X			565	
<b><u>PTERIDÓFITAS</u></b>							
SALVINIACEAE							
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	Flutuante livre	X	X	X	X	557/562	26/109
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	Flutuante livre	X	X	X	X	387/478/552/605	102/103
<i>Salvinia mínima</i> Baker	Flutuante livre		X	X		611	101/118

O reservatório com maior diversidade de espécies foi o do Passaúna, seguido do Piraquara I, Piraquara II e Iraí. O reservatório do Passaúna apresentou um total de 25 famílias, 40 gêneros e 58 espécies. Um número aproximado foi encontrado no reservatório de Itaipu (25 famílias, 42 gêneros e 62 espécies) por Thomaz *et al.* (1999), sendo que 20 famílias, 25 gêneros e apenas 13 espécies são em comum com o presente estudo. Contudo, em relação ao número de espécies, o reservatório do Passaúna merece especial atenção pelo fato de sua extensão ser um pouco mais de 10% da extensão do reservatório de Itaipu (Thomaz *et al.* 1999; IAP, 2009). Ambos os reservatórios, com exceção de alguns pontos do reservatório de Itaipu, apresentam a classificação de moderadamente degradado (IAP, 2009). A família com maior número de espécies para o reservatório do Passaúna foi Cyperaceae (10 spp.), com destaque para *Pycnus decumbens*, seguida de Asteraceae (8 spp.).

O reservatório do Piraquara I apresentou um total de 24 famílias, 34 gêneros e 50 espécies. A família com maior número de espécies foi Cyperaceae (8 spp.), seguida de Polygonaceae (6 spp.). O reservatório do Piraquara II apresentou um total de 25 famílias, 30 gêneros e 44 espécies. A família com maior número de espécies foi Cyperaceae (10 spp.). O reservatório do Iraí apresentou um total de 20 famílias, 28 gêneros e 43 espécies. A família com maior número de espécies foi Onagraceae (8 spp.), seguida de Polygonaceae (5 spp.) e Poaceae (5 spp.). Contudo, *Alternanthera philoxeroides* tem se propagado com intensidade pelo reservatório (inspeção visual, dados não analisados). A família que apresentou o maior número de espécies para os reservatórios Piraquara I, II e Passaúna foi Cyperaceae (20 spp.). A predominância de representantes da família Cyperaceae também foi observada por Cervi *et al.* (2009) - 22 spp.; Pereira *et al.* (2012) – 8 spp; Ferreira *et al.* (2010) – 6 spp. e Moura-Junior *et al.* (2011) – 6 spp. Bove *et al.* (2003) atribui a expressiva presença de espécies da família Cyperaceae ao seu caráter perene assim como à tolerância a períodos de estiagem.

O estudo feito por Martins *et al.* (2008), em 18 reservatórios pertencentes à cinco bacias hidrográficas do Estado de São Paulo, registrou a ocorrência de apenas 39 espécies. O contraste no

número de espécies pode estar relacionado com o método de amostragem realizado por estes autores, que utilizaram paradas a cada 20 min. com o barco. No presente estudo, todos os reservatórios tiveram suas margens inspecionadas ao longo de toda a sua extensão. Segundo Thomaz *et al.* 2004b, o uso de transectos, mesmo em grande quantidade, ainda não é suficiente para amostrar de forma confiável a vegetação aquática. Dessa forma, torna-se necessário o cuidado na amostragem, pois a riqueza e a diversidade de espécies subsidiam o manejo e conservação de ambientes aquáticos.

O hábito anfíbio e emergente (Figura 2A) apresentou porcentagens iguais de ocorrência entre as espécies (43,10%) para o reservatório do Passaúna. No entanto, no Piraquara I, o hábito mais frequente foi o anfíbio com 40% entre as espécies. Nos reservatórios Piraquara II e Iraí, o hábito emergente (Figura 2B) apresentou maior ocorrência com 50% e 44,18% respectivamente. A marcante representatividade dos hábitos emergentes (Thomaz *et al.* 1999) e anfíbios também foi observada por outros autores (Matias *et al.* 2003; Bove *et al.* 2003; Pereira *et al.* 2012).



Figura 2: Banco de macrófitas: a) hábito emergente e anfíbio no reservatório Passaúna. b) hábito emergente no reservatório Iraí, em evidência *Alternanthera philoxeroides*.

Bancos de macrófitas em ilhas flutuantes com histossolo foram observados no reservatório Piraquara II. Pivari *et al.* (2011) sugeriram uma nova classificação para este hábito de vida devido à lacunas na classificação das formas biológicas intitulando as macrófitas que ocorrem em ilhas flutuantes de “embalsadas”. Contudo, o presente estudo manteve a classificação das formas biológicas sugerida por Pedralli (1990) citadas anteriormente.

O presente estudo compartilha 22,8% das espécies do maior levantamento florístico de macrófitas aquáticas do Estado do Paraná (veja Ferreira *et al.*, 2011). Contudo, pode ser considerado o terceiro maior levantamento florístico para o Estado sendo precedido por Ferreira *et al.*, 2011 com 153 spp. e Cervi *et al.*, 2009 com 117 spp.

O número de espécies pode ser afetada por diversos fatores ambientais como: nutrientes, oscilação do nível de água, velocidade da correnteza e heterogeneidade espacial (Thomaz e Bini, 2003). Pompêo *et al.* (2005) relatam que quanto maior a quantidade de nutrientes disponível, maior a proliferação de macrófitas aquáticas. Contudo resultados contradizentes foram observados no presente estudo, no qual o reservatório do Iraí, o mais eutrofizado dentre quatro, apresentou menos espécies comparado com Piraquara I, o mais conservado em mata ciliar e qualidade d'água. Em nosso estudo, há indícios de que quanto mais degradada for a qualidade da água do reservatório, menor é o número de espécies.

O levantamento florístico apresentado nesse trabalho representa o primeiro passo para o entendimento da dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas nos reservatórios da região metropolitana de Curitiba. Ademais, para um correto manejo e aplicação de esforços de conservação da biodiversidade, informações básicas sobre a composição das comunidades são indispensáveis (Bini *et al.*, 2006).

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTONI E. F. e N. L. WÜRDIG. 1996. Comunidade de Ostracodes Associada a Macrófitas Aquáticas na Lagoa do Gentil, Tramandaí, RS. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 8:103-114.
- APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*. (161): 105-121.
- Bini L. M., S. M. Thomaz e D. C. Souza. 2001. Species richness and  $\beta$ -diversity of aquatic macrophytes in the Upper Paraná River floodplain. *Arch. Hydrobiol.* 3(151): 511-525.
- Bini L. M., J. A. F. Diniz-Filho, T. F. L. V. B. Rangel, R. P. Bastos e M. P. Pinto. 2006. Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. *Diversity and Distributions*, 12: 475–482.
- Bove C. P., A. S. B. Gill, C. B. Moreira e R. F. B. Anjos. 2003. Hidrófitas fanerogâmicas de ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta bot. bras.* 17(1): 119-135.
- Cervi A. C., G. Hatschbach e O. A. Guimarães. 1983. Nota prévia sobre plantas aquáticas (fanerogâmicas) do Estado do Paraná (Brasil). *Boletim do Museu Botânico Municipal. Prefeitura Municipal de Curitiba, Paraná, Brasil*. (58): 1-17.
- Cervi A. C., C. Bona, M. C. de C. Moço e L. Von Linsingen. 2009. Macrófitas aquáticas do Município de General Carneiro, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica*. 3(9): 1-8.

Cook C. D. K. 1974. Water plants on the world. The Hague: Dr. Junk Publisher: 561.

Ferreira F. A., R. P. Mormul, G. Pedralli, V. J. Pott. e A. Pott. 2010. Estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Hoehnea* 37(1): 43-52.

Ferreira F. A., R. P. Mormul, S. M., Thomaz, A., Pott e V. J., Pott. 2011. Macrophytes in the upper Paraná river floodplain: checklist and comparison with other large South American wetlands. *Rev. Biol. Trop.* 2(59): 541-556.

Forzza R. C., J. R. Stehmann, M. Nadruz, F. L. R. Filardi, A. Costa, A. A. Carvalho Jr., A. L. Peixoto, B. M. T. Walter, C. Bicudo, C. W. N. Moura e D. Zappi. (Org.) 2012. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Galvão A. K. L., J. F. Silva, S. M. F. Albertino, G. F. P. Monteiro e D.P. Cavalcante. 2011. Levantamento fitossociológico em pastagens de várzea no Estado do Amazonas, Brasil. *Planta Daninha, Viçosa-MG.* 1(29): 69-75.

Junk W. J, P. B. Bayley e R. E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in rivers systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences.* (106): 110-127.

Kafer D. S., I. G. Colares e S. M. Hefler. 2011. Composição florística e fitossociologia de macrófitas aquáticas em um banhado continental em Rio Grande, RS, Brasil. *Rodriguésia.* 4(62): 835-846.

IAP - Instituto Ambiental do Paraná. 2009. Monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios do Estado do Paraná no período de 2005 a 2008. Editora fundamento.

Lima L. F., S. S. L. Silva, E. G. Moura-Júnior e C. S. Zickel. 2011. Composição florística e chave de identificação das macrófitas aquáticas ocorrentes em reservatórios do estado de Pernambuco. *Rodriguésia*. 4(62).

Maltchik L., Rolon A. S., Schott P. 2007. Effects of hydrological variation on the aquatic plant community in a floodplain palustrine wetland of southern Brazil. *Limnology* 8, 23–28.

Martins D., D. V. Costa e S. R Marchii. 2008. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas Ed dezoito reservatórios de cinco bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. *Planta Daninha, Viçosa – MG*. 1(26): 17-32.

Matias L. Q., E. R. Amado e E. P. Nunes. 2003. Macrófitas aquáticas da Lagoa de Jijoca de Jericoacoara, Ceará, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. (17): 623-631.

Moura-Junior E. G., S. S. L. Silva, L. F. Lima, P. B. Lima, E. B. Almeida-JR., L. M. Pessoa, F. S. Santos-Filho, D. P. W. Medeiros, R. M. M. Pimentel e C. S. Zickel. 2009. Diversidade de plantas aquáticas vasculares em açudes do Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), Recife-PE. *Revista de Geografia*. (26): 178-293.



Moura-Junior E. G, M. C. Abreu, W. Severi e G. A. S. T. Lira. 2011. O gradiente rio-barragem de Sobradinho afeta a composição florística, riqueza e formas biológicas das macrófitas aquáticas? *Rodriguésia*. 62(4): 731-742.

Mouillot D., S. Gaillarda, C. Aliaumea, M. Verlaqueb, T. Belsherc, M. Trousselliera e T. Do CHI. 2005. Ability of taxonomic diversity indices to discriminate coastal lagoon environments based on macrophyte communities. *Ecological Indicators*. (5): 1-17.

Milne J. M., K. J. Murphy e S. M. Thomaz. 2005. Comunidades de plantas aquáticas do alto rio Paraná: respostas às alterações do estresse ambiental. *Caderno de biodiversidade*. 1(5): 12-15.

Nessimian J. L. e I. H. A. G. de Lima. 1997. Colonização de três espécies de macrófitas por macroinvertebrados aquáticos em um brejo no litoral do estado do Rio de Janeiro. *Acta Limnologica Brasiliensia* 9: 149–163.

Padial A. A., T. Siqueira, J. Heino, L. C. G. Vieira, C. C. Bonecker, F. A. Lansac-Tôha, L. C. Rodrigues, A. M. Takeda, S. Train, L. F. M. Velho e L. M. Bini. 2012. Relationships between multiple biological groups and classification schemes in a Neotropical floodplain. *Ecological Indicators*, 13: 55–65.

Pedralli G. 1990. Macrófitos aquáticos: técnicas e métodos de estudos. *Estudos de Biologia* (26): 5-24.

Peiró D. F. e R.G. Alves. 2004. Levantamento preliminar da entomofauna associada a macrófitas aquáticas da região litoral de ambientes lênticos. *Revista Uniara*. 15: 177-188.

Pereira S. A, C. R. T. Trindade, E. F. Albertoni e C. Palma-Silva. 2012. Aquatic macrophytes of six subtropical shallow lakes, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brazil. *Check List* 8(2): 187-191.

Pivari M. O., V. B. Oliveira e F. M. Costa. 2011. Macrófitas aquáticas do sistema lacustre do Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*. 62(4): 759-770.

Pompêo M. L. M. 1999. As macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais: aspectos ecológicos e propostas de monitoramento e manejo. *Perspectivas na Limnologia do Brasil*. São Luís: Gráfica e Editora União, 198 p.

Pompêo M. L. M. e V. Moschini-Carlos. 2003. Macrófitas Aquáticas e Perifíton – Aspectos ecológicos e Metodológicos. São Carlos: RiMA. 124 p.

Rocha D. C. e D. Martins. 2011. Levantamento de plantas daninhas aquáticas no reservatório de Alagados, Ponta Grossa – PR. *Planta Daninha*, Viçosa – MG. 2(29):237-246.

Sanchez-Botero J. I. S. e C. A. R. M. Araujo-Lima. 2001. As macrófitas aquáticas como berçário para a ictiofauna da várzea do rio Amazonas. *Acta Amazonica*, 31(3):437-448.

Sobral-Leite M., M. J. A. Campelo, J. A. Siqueira-Filho e S. I. Silva. 2010. Checklist das macrófitas vasculares de Pernambuco: riqueza de espécies, formas biológicas e considerações sobre distribuição. In: U.P. Albuquerque, A.N. Moura, E.L. Araujo (eds.). *Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos*. Nuppez, Recife. (2): 253-280.

Souza M. C., J. Cislinski e M. B. Romagnolo. 1997. Levantamento Florístico IN: A. E. A. Agostinho, A. A. Hahn, N. S. Vazzoler. 1997. A planície de Inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos. Maringá: EDUEM: 343-368.

Thomaz S. M., L. M. Bini e S. M. Albert. 1997. Limnologia do reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal. In: A. A. Agostinho, L. C. Gomes. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Eduem, Maringá: 19-37.

Thomaz, S. M. e L. M. Bini. 1998. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios. Acta Limnol. Brasil., 10: 103-116.

Thomaz S. M., L. M. Bini, M. C. Souza, K. K. Kita e A. F. M. Camargo. 1999. Aquatic macrophytes of Itaipu Reservoir, Brazil: survey of species and ecological considerations. Braz. arch. biol. technol. Curitiba. 1(42): 1-8.

Thomaz S. M. 2002. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. Planta Daninha. 20: 21-34. (Edição Especial)

Thomaz S. M. e L. M. Bini. 2003. Ecologia e Manejo de macrófitas aquáticas. Ed. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná. 341 p.

Thomaz, S. M.; A. A. Agostinho e N. S. Hahn. 2004a. The Upper Paraná River and its Floodplain – physical aspects, ecology and conservation. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 393 p.

Thomaz, S. M.; L. M. Bini; T. A. Pagioro; K. J. Murphy; A. M. Santos e D. C. Souza. 2004b. Aquatic Macrophytes: Diversity, Biomass and Decomposition. In: Thomaz, S. M.; Agostinho, A. A.; Hahn, N. S. The Upper Paraná River and its floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands: 331-352.

## CAPÍTULO 2

# VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM RESERVATÓRIOS URBANOS DE ABASTECIMENTO

## RESUMO

A presença de macrófitas aquáticas está diretamente relacionada com as condições abiótica do ambiente aquático. O objetivo deste trabalho foi analisar a organização das comunidades de macrófitas aquáticas de quatro reservatórios (Iraí, Passaúna, Piraquara I e II) da bacia do Rio Iguaçu, além de identificar, pela presença / ausência e abundância, bioindicadores do estado trófico dos reservatórios. As coletas ocorreram em Out./2011; Jan./2012 e Jun./2012. Cada reservatório teve sua extensão analisada em mapa e então quatro similares secções foram hipoteticamente definidas. Em cada seção, três bancos de macrófitas foram amostrados aleatoriamente. A abundância relativa de cada banco foi calculada com o uso de quadrados de PVCs de 0,5 x 0,5 m colocados a 2 m a partir da margem até o fim do banco na lâmina d'água. Entre os reservatórios e os diferentes períodos, foram analisados: extensão dos bancos (m); biodiversidade (riqueza de espécies, dominância, Shannon-Wiener e diversidade  $\beta$ ) através de uma ANOVA one-way e composição de espécies. Espécies indicadoras de cada reservatório foram sugeridos pela métrica IndVal. A extensão dos bancos de macrófitas varia temporal e espacialmente. A riqueza de espécies e a composição apresentou apenas variação temporal. Em contrapartida a equitabilidade e o Índice de Shannon variaram espacialmente, mas não temporalmente. A diversidade beta não apresentou variação e atribuiu-se isso pelo fato dos reservatórios serem sujeitos às mesmas variações ambientais. Dessa forma, torna-se necessário um novo delineamento para melhor entendimento da variação da diversidade beta em escalas espaciais. Os resultados indicaram que os reservatórios apresentam uma significativa variação espacial nas métricas de biodiversidade e composição específica. Com isso, o entendimento da dinâmica espacial e temporal da comunidade de macrófitas aquáticas é central para subsidiar ações de manejo e conservação, pois fornece evidências das fontes de variação dessa comunidade que é, a principal estruturadora dos ecossistemas aquáticos e contribuinte para geração de matéria orgânica.

Palavras-chave: ecologia de macrófitas, banco de macrófitas, reservatórios.

## ABSTRACT

The presence of aquatic macrophyte is directly related to the abiotic conditions of the aquatic environment. The objective was to analyze the organization of communities of aquatic macrophyte of four reservoirs (Iraí, Passaúna, Piraquara I and II) of the Iguaçu River basin, beyond identify, by presence/absence and abundance, bioindicators of trophic status of the reservoirs. Sampling occurred in October/2011; January and June/2012. Each reservoir had its extension analyzed in map and four sections were similar hypothetically set. In each section, three macrophyte stands were sampled randomly. The relative abundance of each stand was calculated with the use of PVCs squares of 0.5 x 0.5 m placed at 2 m from the shoreline until the end of the stand. Among the reservoirs and the different periods were analyzed: stand extent (m); biodiversity (species richness, dominance, Shannon-Wiener diversity and  $\beta$ ) through a one-way ANOVA and species composition. Indicator species of each reservoir were suggested by the metric IndVal. The extent of macrophyte stand varied temporally and spatially. Species richness and composition showed only temporal variation. In contrast to equitability and Shannon index varied spatially but not temporally. The beta diversity did not change and was attributed by the fact that the reservoirs are subject to the same environmental variations. Thus, it becomes necessary to design a new range for better understanding of beta diversity in spatial scales. The results indicated that the reservoirs have a significant spatial variation in the metrics of biodiversity and species composition. Thus, understanding the spatial and temporal dynamics of macrophyte community is central to subsidize management actions and conservation because it provides evidence of the sources of variation that this community is the main structuring aquatic ecosystems and contributing to the generation of organic matter.

Key-words: Ecology of Macrophyte, Macrophyte stand, Reservoirs.

## 1 INTRODUÇÃO

A comunidade de macrófitas aquáticas varia entre habitats dependendo das condições ambientais locais e das variações temporais (Lacoul; Freedman, 2006; Thomaz *et al.*, 2009; Padial *et al.*, 2009). Particularmente em reservatórios, o processo de eutrofização pela retenção de substâncias orgânicas (Vollenweider, 1968) e o surgimento de ambientes rasos, favorecem o estabelecimento de plantas aquáticas. A extensão de ocorrência e a composição de macrófitas pode ser afetada pelo tamanho do lago, características físicas das margens (declividade) e das variáveis limnológicas da água (concentração de nutrientes). Nesse sentido, reservatórios de uma mesma região geográfica, mas com diferentes graus de degradação, podem conter comunidades vegetais aquáticas distintas e bancos de diferentes tamanhos.

O entendimento de como a composição de macrófitas aquáticas varia espacialmente é justificado pelo papel estruturador que promovem, formando um habitat heterogêneo e complexo que determina a abundância e biodiversidade da fauna e flora aquática. A presença de macrófitas pode afetar a complexidade do habitat aquático em até 17 escalas de magnitude ( $10^{-12}$  –  $10^5$  km<sup>2</sup>) (Agostinho *et al.*, 2003; McAbendroth *et al.*, 2005; Thomaz *et al.*, 2009; Thomaz, Cunha, 2010). Apesar disso, uma das grandes brechas nos artigos realizados com macrófitas aquáticas na região Neotropical é a falta de pesquisas que envolvam testar hipóteses ecológicas (Padial *et al.*, 2008). Estudos com hipóteses relacionadas as principais fontes de variações espaciais da dinâmica das comunidades de macrófitas aquáticas são, portanto, de extrema importância.

Além disso, variações temporais são comumente observadas na comunidade de macrófitas aquáticas. Grandes variações foram observadas em ambientes dinâmicos, como planícies de inundação (Thomaz *et al.*, 2009; Padial *et al.*, 2009). De fato, o pulso de inundação em ambientes sujeitos a regimes de cheia e seca é considerado a força motriz determinante na mudança da organização das assembleias de macrófitas aquáticas (Junk *et al.*, 1989; Van der Valk, 2005). Em reservatórios de geração de energia, o baixo desequilíbrio no regime hidrológico, provocado pelas frequentes oscilações,



também afeta diretamente a riqueza de espécies de macrófitas (Thomaz *et al.*, 1999; Thomaz, Bini, 1998; Maltchik, 2007). Entretanto, reservatórios de abastecimento são ambientes cuja estabilidade do nível d'água normalmente é mantida para garantir seu funcionamento. Dessa forma, é esperado que não haja grandes alterações temporais na comunidade de plantas aquáticas.

Esse trabalho teve o objetivo de avaliar variações espaciais e temporais na estrutura e composição de macrófitas aquáticas em reservatórios de abastecimento da região metropolitana de Curitiba. Para isso, o tamanho dos bancos e a biodiversidade foram comparados entre quatro reservatórios que diferem em relação ao grau de degradação e, qualidade d'água. Consequentemente espécies indicadoras de reservatórios com alto e baixo grau de degradação podem ser identificadas. Além disso, as variações temporais das comunidades, assim como suas interações com variações espaciais (entre reservatórios) foram avaliadas. Formalmente, o trabalho visa testar as seguintes hipóteses: a) há um aumento na biodiversidade nos reservatórios da região metropolitana de Curitiba com menor grau de degradação; b) a composição da comunidade de macrófitas aquáticas é diferente entre os reservatórios da região metropolitana de Curitiba; c) não há variação temporal da biodiversidade e composição de macrófitas em reservatórios da região metropolitana de Curitiba.

Obviamente que a comunidade de macrófitas varia em diferentes escalas espaciais e temporais. Dentro de um mesmo reservatório, pode haver fontes de variação relacionadas com a distância para a barragem (Thomaz; Bini, 1998) ou com a organização local de um banco de plantas aquáticas. Da mesma forma pode haver variações temporais entre semanas, meses, estações do ano, anos ou mesmo décadas (Padial *et al.*, 2012). Entretanto, o foco do presente trabalho foi avaliar somente diferenças entre reservatórios, e entre 3 períodos distintos. Um entendimento completo da dinâmica da comunidade de plantas aquáticas é alcançado somente com um estudo aprofundado em diversas escalas espaciais e temporais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em quatro reservatórios pertencentes à empresa de saneamento ambiental do Paraná (Sanepar): Iraí, Passauna, Piraquara I e Piraquara II, todos situados na Bacia Hidrográfica do rio Iguaçu, PR (Figura 1). Um relatório prévio indica que tais reservatórios diferem em relação à qualidade da água e grau de degradação, no qual o mais eutrófico é o reservatório do Iraí e o menos eutrófico é o reservatório Piraquara I (IAP, 2009). Nesse caso, o reservatório Piraquara II não foi avaliado.

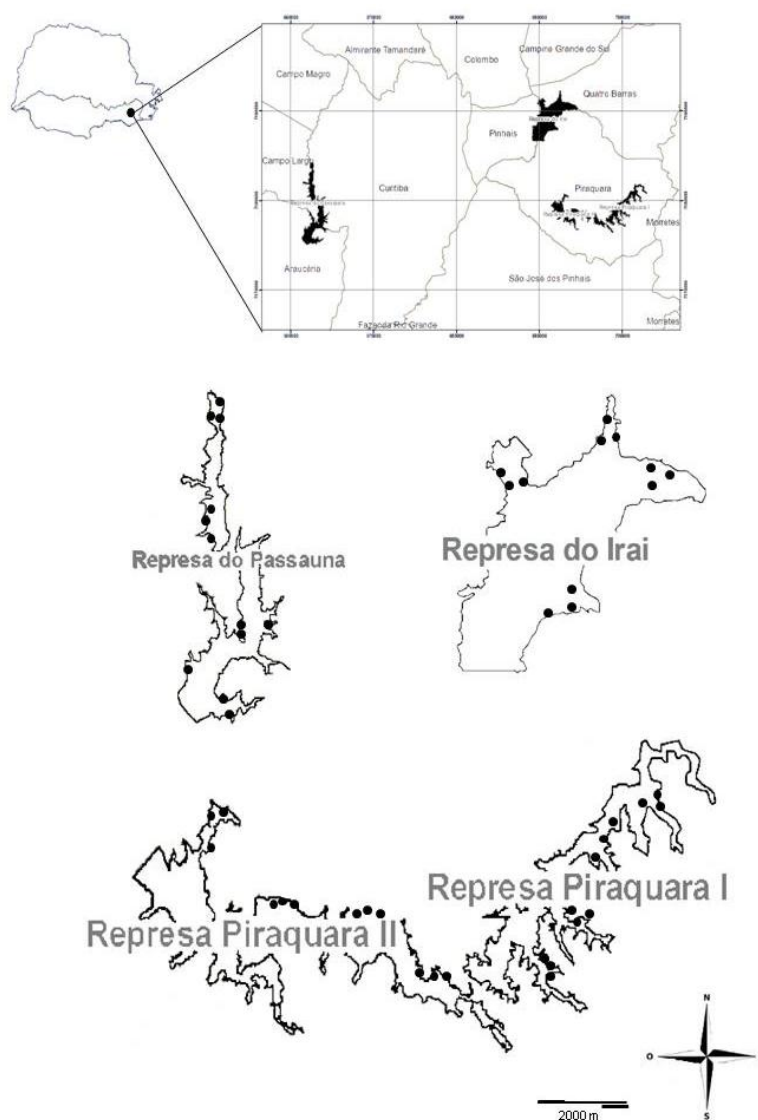


Figura 1 – Mapa dos reservatórios Iraí, Passauna, Piraquara I e II na Bacia hidrográfica do rio Iguaçu - PR. Destaque para a localização dos bancos de macrófitas ao longo de cada reservatório.

Para evidenciar diferenças entre reservatórios e descrever a qualidade da água, variáveis limnológicas foram aferidas. Análises de temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido ( $\text{mgO}_2\text{L}^{-1}$ ), porcentagem de saturação de oxigênio ( $\%\text{O}_2$ ), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ), pH, sólidos suspensos totais ( $\text{mg/L}$ ), puderam ser realizadas *in situ* mediante sonda multiparâmetro. A turbidez foi verificada mediante o uso do disco de Secchi (cm). Estas análises foram realizadas com uma amostra de água coletada na extensão mediana de cada banco de macrófitas.

## 2.2 Desenho Amostral

Foram realizadas três coletas nos seguintes meses: Outubro de 2011, Janeiro de 2012 e Junho de 2012. Cada reservatório teve sua extensão analisada em mapa e dessa forma, divididos hipoteticamente em quatro secções, que foram considerado os pontos de amostragem (Figura B1). Tais secções foram consideradas observações relativamente independentes para comparação entre reservatórios. Além disso, procurou-se distribuí-las de maneira uniforme ao longo da extensão de forma que a porção fluvial, de transição e lacustre dos reservatórios fosse representada. Em cada secção foram amostrados três bancos de macrófitas próximos entre si. Dessa forma, 12 bancos de macrófitas aquáticas foram amostrados em cada reservatório (Figura 2). Entretanto, apenas as comunidades de cada seção do reservatório foram consideradas para a análise, visto que a composição de bancos vizinhos não é independente, mas tal estratégia garante uma boa representação da comunidade daquela região do reservatório.

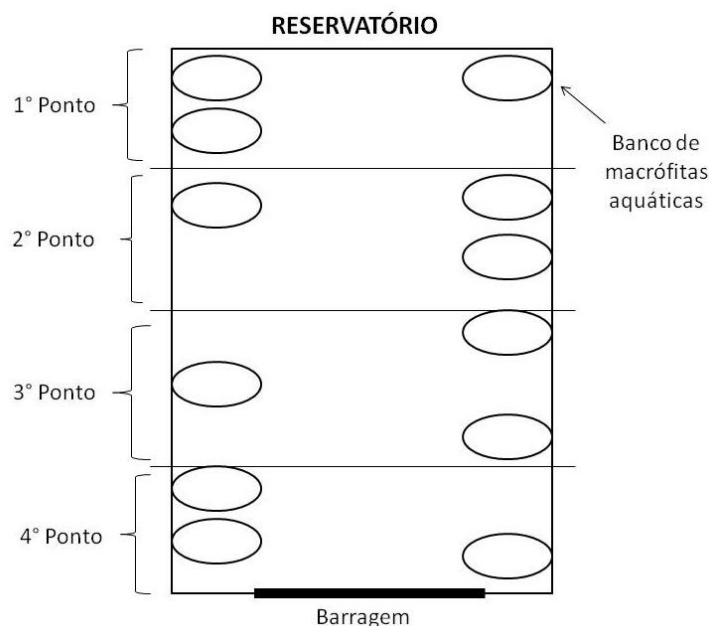


Figura 2. Esquema para amostragem dos reservatórios.

Em cada um dos bancos, quadrados de 0,5 X 0,5m foram utilizados para a estimativa de abundância relativa e identificação dos táxons. A abundância relativa foi estimada pela porcentagem de cobertura de cada táxon presente no quadrado. Os quadrados foram amostrados a partir da margem a cada 2m entre si em cada banco de macrófitas (Figura 3). As espécies não presentes nos quadrados, mas presentes no banco em até 2m de distância do quadrado, também foram registradas. Essas foram somente utilizadas nas análises de comparação das matrizes de composição de presença/ausência entre reservatórios. A extensão do banco a partir da margem até o seu fim na lâmina d'água, também foi mensurada.

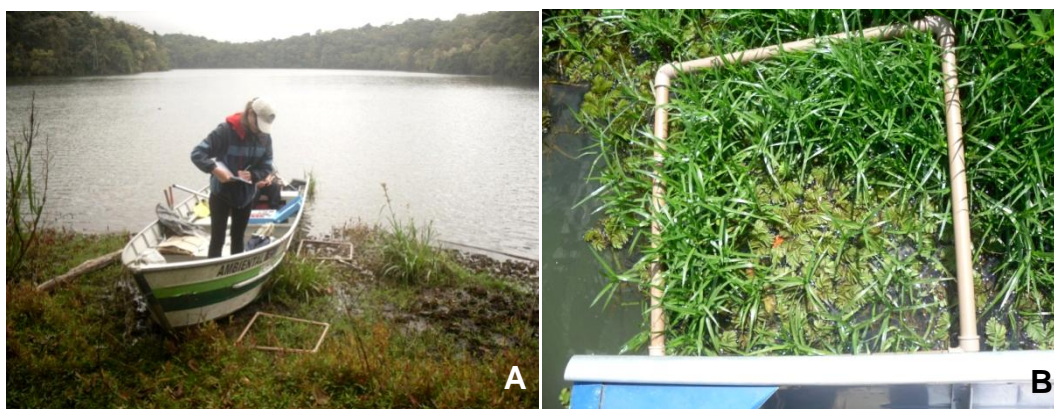


Figura 3. (A) Uso de quadrados de PVC a partir da margem até o fim do banco com distância de 2 m entre si. (A,B) Estimativa de abundância relativa por porcentagem em banco de macrófitas aquáticas e identificação de táxons.

### 2.3 Análise dos dados

A biodiversidade considerando: a riqueza de espécies, a equitabilidade e o índice de Shannon-Wiener dos pontos de amostragem foram comparados entre reservatórios e períodos de amostragem através de análises de variância (ANOVA two-way). Espera-se que tais métricas de biodiversidade sejam constantemente maiores em reservatórios pouco degradados. Também com uma ANOVA two-way, comparamos a extensão do banco de macrófitas. A expectativa, nesse caso, é que reservatórios mais eutrofizados devem promover o desenvolvimento de longos bancos de macrófitas pouco diversos (Thomaz; Bini, 1998). Outro parâmetro que deve variar entre reservatórios com diferentes graus de degradação é a substituição de espécies ao longo do banco de macrófitas. Devido ao “menos provável” desenvolvimento de daninhas em reservatórios pouco degradados, espera-se que a substituição de espécies seja constantemente maior. Tal diversidade beta também foi comparada entre reservatórios através de uma ANOVA two-way. Nesse caso, visto que a extensão do banco de macrófitas é um parâmetro variável, o índice de Whittaker modificado por Harrison ( $\beta_{H1}$ ; Magurran, 1998) foi utilizado para calcular a diversidade beta. Para os dados que não atingiram os pressupostos da ANOVA, log-transformações foram utilizadas. Uma análise de variância multivariada não paramétrica (MANOVA não paramétrica ou PERMANOVA, Anderson, 2001) foi realizada para avaliar o efeito do reservatório e período de amostragem na composição da comunidade de macrófitas aquáticas. Também foi realizado um escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) para visualizar as diferenças na composição entre reservatórios e/ou períodos. Para os reservatórios com diferentes composições de plantas aquáticas, espécies indicadoras foram sugeridas pela análise IndVal (Dufrene, Legendre, 1997). As análises multivariadas foram realizadas tanto com dados de abundância quanto com presença e ausência. As análises estatísticas foram realizadas no software livre R (R Development Core Team, 2009) e STATISTICA (StatSoft, Inc., 2005).

### 3 RESULTADOS

Os resultados das análises físico-químicas dos quatro reservatórios podem ser observados na Tabela 1. O reservatório Iraí apresentou queda ao longo do tempo nas variáveis: condutividade elétrica, sólidos suspensos totais, e pH. Para o período de Jan./2012, a concentração de oxigênio dissolvido e porcentagem de oxigênio apresentou o maior valor ( $5 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$  e  $58 \% \text{O}_2$ ). Os períodos de Out./2011 e Jun./2012 apresentaram os maiores e menores valores respectivamente para condutividade ( $216 \mu\text{S}$  e  $55 \mu\text{S}$ ); sólidos suspensos totais ( $112 \text{ mg/L}$  e  $36 \text{ mg/L}$ ) e pH (8.13 e 6.3).

Para o reservatório Passaúna, sólidos suspensos totais ( $\text{mg/L}$ ) se mostrou estável ao longo do tempo. O menor valor para concentração de  $\text{O}_2$  dissolvido ( $\text{mg/O}_2\text{L}^{-1}$ ) e porcentagem de saturação de oxigênio ( $\% \text{O}_2$ ) foi observado em Jan./2012 ( $3 \text{ mgO}_2/\text{L}^{-1}$ ;  $46 \% \text{O}_2$  respectivamente) enquanto que o maior valor para estas variáveis foi observado em Jun./2012 ( $4.98 \text{ mgO}_2/\text{L}^{-1}$  e  $57.25 \% \text{O}_2$ ). Em contrapartida, o pH apresentou o maior valor para Jan./2012 (8) e o menor para Jun./2012 (6.61) (Tabela 1).

O reservatório Piraquara I apresentou os menores valores para condutividade elétrica ( $17 \mu\text{S}$ ), sólidos suspensos totais ( $10.75 \text{ mg/L}$ ) e oxigênio dissolvido ( $5.3 \text{ mg/O}_2\text{L}^{-1}$ ) no período de Jan./2012. Estas mesmas variáveis tiveram seus maiores valores em Out./2011 ( $21 \mu\text{S}$ ,  $13.65 \text{ mg/L}$  e  $6 \text{ mg/O}_2\text{L}^{-1}$ ). As variáveis pH e  $\% \text{O}_2$  tiveram seus maiores valores em Jan./2012 (6.6 e  $74.5 \% \text{O}_2$  respectivamente) (Tabela 1).

O reservatório Piraquara II não teve as análises físico-químicas realizadas em Out./2011 devido à problemas na sonda multiparâmetro. Para os dois períodos analisados (Jan./2012 e Jun./2012), apenas  $\text{mg/O}_2\text{L}^{-1}$  e  $\% \text{O}_2$  apresentaram aumento em suas concentrações ao longo de tempo. Condutividade, sólidos suspensos totais e pH tiveram seus maiores valores em Jan./2012 ( $26,85 \mu\text{S}$ ;  $19 \text{ mg/L}$  e 6 respectivamente). Para todos os reservatórios, com exceção ao Iraí, o pH aumentou assim como a temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e a  $\% \text{O}_2$  diminuiu (Tabela 1).

Tabela 1 – Variáveis limnológicas\* dos reservatórios Iraí, Passaúna, Piraquara I e Piraquara II.

		T amb.	T água	Cond.	SST	Oxi1	Oxi2	pH	Secchi	
RESERVATÓRIO IRAÍ	Outubro / 2011	1° Ponto	14,85	16,6	219,3	113,6	/	58,5	8,17	100
		2° Ponto	19,25	20,3	253,6	131,3	3,56	37,6	8,06	/
		3° Ponto	21,05	21,25	129,3	68,5	2,1	21,6	8,09	50
		4° Ponto	19	19,65	86	45	3,06	29,3	8,39	30
		Média	19	19	216	112	2,9	25	8,13	60
	Janeiro / 2012	1° Ponto	28,5	25,2	58,2	31	7,86	70,5	6,6	40
		2° Ponto	32,5	24	143	75	4,86	62,3	6,9	50
		3° Ponto	34	28,5	101,3	58,5	5	71,6	6,7	48,3
		4° Ponto	33	33,5	67	23,1	5	58	6,5	40
		Média	33,5	24	105	53	5	58	6,6	43,3
	Junho / 2012	1° Ponto	21	16,4	36	17,6	4,5	29	7	50
		2° Ponto	23,6	18,33	56,43	67	1,58	10,5	6,2	50
		3° Ponto	25,5	19,5	75,5	39,4	2,98	24,5	5,93	110
		4° Ponto	21,9	19,5	52	20,43	4,16	16	6	70
		Média	23	18,43	55	36	3,3	20	6,3	70
	MÉDIA GERAL		25,2	20,47	125,3	67	3,73	34,3	7,01	57,76
		T amb.	T água	Cond.	SST	Oxi1	Oxi2	pH	Secchi	
RESERVATÓRIO PASSAÚNA	Outubro/ 2011	1° Ponto	28.2	22.2	171.3	91	3.2	35.3	6,77	170
		2° Ponto	35.8	25.3	117.5	62.5	5.51	61.5	7,4	40
		3° Ponto	25.7	26.9	120.6	63.6	4.08	52.6	7,15	230
		4° Ponto	25.3	24.7	120.5	64	4.93	48	7,4	250
		Média	34.5	25	122	71	4.4	52	7,18	156
	Janeiro / 2012	1° Ponto	31,5	29,8	141	73,3	3,6	40,6	7,5	150
		2° Ponto	35,8	30,8	125,3	65	4,75	47	8	140
		3° Ponto	30,5	29,2	151	79,3	2,5	45	7,75	290
		4° Ponto	30	24,4	139,6	74	3	35,6	8	300
		Média	30	28,5	146	69,5	3	46	8	220
	Junho / 2012	1° Ponto	22	17,3	167,3	89,6	7,57	77,5	6,3	150
		2° Ponto	24,6	19,3	124,3	66,7	5,76	69	6,9	180
		3° Ponto	25,1	20	130	69,3	4,73	55,5	6,24	330
		4° Ponto	28	21,2	129,7	55,3	1,86	27	7	220
		Média	24,9	19,45	137,8	70,2	4,98	57,25	6,61	220
	MÉDIA GERAL		29,8	24,3	135,2	70,2	4,12	51,75	7,26	198
		T amb.	T água	Cond.	SST	Oxi1	Oxi2	pH	Secchi	
RESERVATÓRIO PIRAQUARA I	Outubro / 2011	1° Ponto	25,9	21,7	22,6	/	7	43	6,13	280
		2° Ponto	35,8	25,2	/	18,75	9,5	3,1	6,28	260
		3° Ponto	24,2	21,7	20,7	11,1	5	172	6,34	250
		4° Ponto	25,6	24,2	20,6	11,1	4,58	51,1	6,33	250
		Média	29	22	21	13,65	6	71	6,4	260
	Janeiro / 2012	1° Ponto	30	26,9	18	12,9	4,4	51,5	6	270
		2° Ponto	31,3	28,3	19,7	10,3	5,6	71	7	250
		3° Ponto	29	28	19,7	10,5	5,6	70,6	6,6	200
		4° Ponto	30	29	16	9,3	5,7	78	7	300
		Média	29,6	28,5	17	10,75	5,3	74,5	6,6	255
	Junho / 2012	1° Ponto	28,4	21	20,8	11,4	9,1	98,5	5,5	300
		2° Ponto	25	21	21,6	11,6	4,28	67	6,28	300
		3° Ponto	25	20,6	21,5	11,4	3,55	37	6	370

RESERVATÓRIO PIRAQUARA II		4° Ponto	27,2	22,7	19,8	10,9	5,45	50	5,8	370
		<b>Média</b>	<b>26,4</b>	<b>21,3</b>	<b>20,9</b>	<b>11,3</b>	<b>5,5</b>	<b>63</b>	<b>5,8</b>	<b>335</b>
		<b>MÉDIA GERAL</b>	<b>28,3</b>	<b>24</b>	<b>19,6</b>	<b>11,9</b>	<b>5,6</b>	<b>69,5</b>	<b>6,2</b>	<b>284</b>
			<b>T amb.</b>	<b>T água</b>	<b>Cond.</b>	<b>SST</b>	<b>Oxi1</b>	<b>Oxi2</b>	<b>pH</b>	<b>Secchi</b>
	Janeiro/2012	1° Ponto	25	25	26	14,8	4,3	50	6	130
		2° Ponto	32	21	25,3	13,3	5	54,3	6,6	110
		3° Ponto	32	29,7	25,1	19	5	64	6,3	110
		4° Ponto	30	30,3	31	68,3	4,1	49,3	6	120
		<b>Média</b>	<b>29,75</b>	<b>23</b>	<b>26,85</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	<b>57</b>	<b>6</b>	<b>117,5</b>
	Junho/2012	1° Ponto	19,3	16,7	19,3	10,5	10,9	113	6,04	70
		2° Ponto	25,3	19	18,8	10	3,8	40	4	100
		3° Ponto	24,3	20	18,5	10	3,8	43	3,8	100
		4° Ponto	23,1	18,4	29,4	15,8	8,15	103,5	6,08	150
		<b>Média</b>	<b>23</b>	<b>18,5</b>	<b>21,5</b>	<b>11,5</b>	<b>6,66</b>	<b>74,8</b>	<b>4,98</b>	<b>105</b>
		<b>MÉDIA GERAL</b>	<b>26,3</b>	<b>20,75</b>	<b>24,1</b>	<b>28,85</b>	<b>5,8</b>	<b>66</b>	<b>5,5</b>	<b>111</b>

\*Temperatura ambiente e da água (T°C); Cond. - Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ); SST- Sólidos Suspensos Totais (mg/L); Oxi1 - Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ ); Oxi2 - Porcentagem de Saturação de Oxigênio (%  $\text{O}_2$ ), Potencial hidrogeniônico (pH), profundidade de Secchi (cm).

A variação da extensão no banco de macrófitas diferiu entre reservatórios e períodos (Levene:  $F = 4,92$ , g.l.=6,  $P < 0,001$ ). Apesar de ser potencialmente interessante, esse resultado não foi interpretado, pois o foco é somente avaliar diferenças entre reservatórios e períodos. Dessa forma, os testes de Levene foram utilizados somente para avaliar se os pressupostos da ANOVA foram atingidos. Após log-transformar os dados, a extensão no banco de macrófitas apresentou variação entre reservatórios e entre períodos, mas os efeitos foram independentes (Figura 4). Os bancos de macrófitas foram significativamente menores em Jun./2012 (Figura 4). Os maiores bancos foram encontrados nos reservatórios Passaúna e Piraquara II, seguidos de Iraí e Piraquara I (Figura 4).



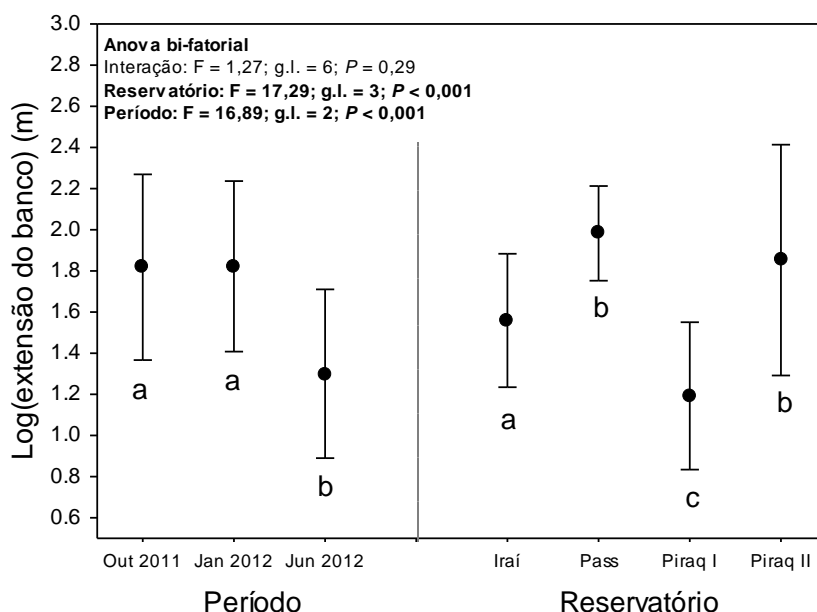


Figura D1. Média  $\pm$  desvio padrão da extensão do banco de macrófitas (m), dados log-transformados, entre períodos e reservatórios. Os resultados de uma análise de variância bi-fatorial estão mostrados no gráfico. Letras diferentes indicam valores estatisticamente diferentes segundo um teste LSD de Fisher ( $P < 0,05$ ).

A riqueza de espécies não diferiu significativamente entre reservatórios, mas diferiu significativamente entre períodos. Ao longo do período amostral, os bancos de macrófitas aquáticas ficaram gradativamente mais ricos em espécies (Figura 5).

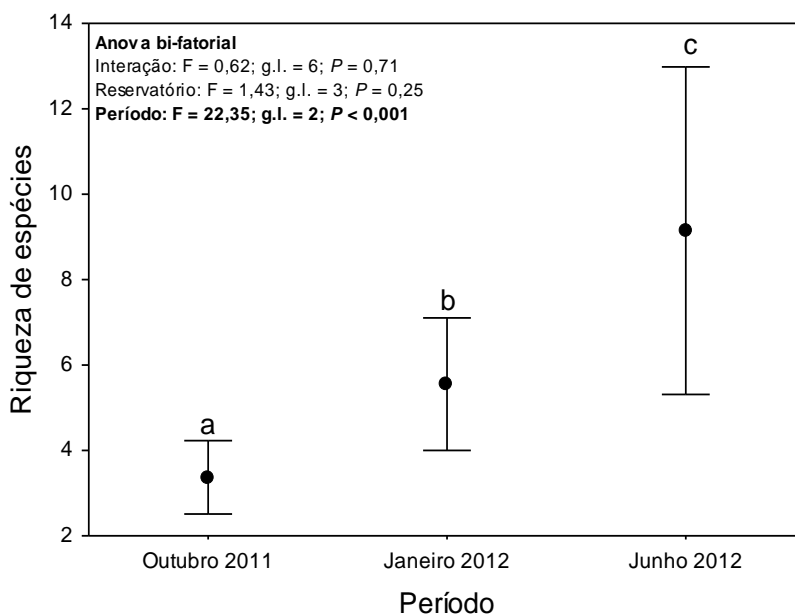


Figura 5. Média  $\pm$  desvio padrão da riqueza de espécies dos bancos de macrófitas aquáticas entre períodos. Os resultados de uma análise de variância bi-fatorial estão mostrados no gráfico. Letras diferentes indicam valores estatisticamente diferentes segundo um teste LSD de Fisher ( $P < 0,05$ ).

A equitabilidade diferiu significativamente entre reservatórios, mas não entre períodos de amostragem (Figura 6). A interação dos fatores também não foi significativa. Os bancos de macrófitas dos reservatórios Iraí e Passaúna tiveram valores menores de equitabilidade do que os reservatórios do rio Piraquara (Figura 6). Isto indica que uma ou mais espécie de macrófita está dominando os bancos nos reservatórios Iraí e Passaúna, contudo isso não depende do período analisado.

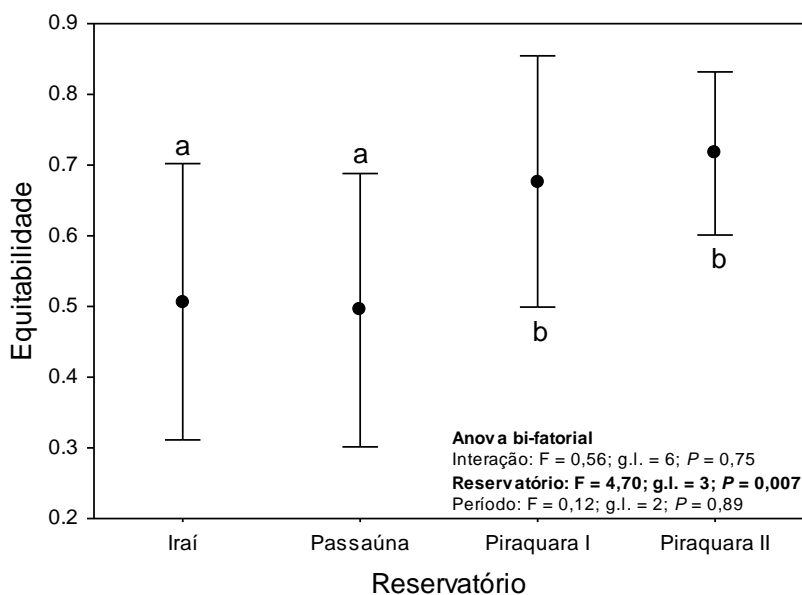


Figura 6. Média  $\pm$  desvio padrão da equitabilidade de espécies dos bancos de macrófitas aquáticas entre reservatórios. Os resultados de uma análise de variância bi-fatorial estão mostrados no gráfico. Letras diferentes indicam valores estatisticamente diferentes segundo um teste LSD de Fisher ( $P < 0,05$ ).

Assim como a equitabilidade, o índice de Shannon-Wiener também variou entre reservatórios, independente do período de amostragem. Esse índice de diversidade também foi constante ao longo do tempo (resultados da ANOVA na Figura 7). Os reservatórios do rio Piraquara foram mais diversos do que o reservatório Iraí. Além disso, reservatório Passaúna foi menos diverso do que o reservatório Piraquara II (Figura 7).

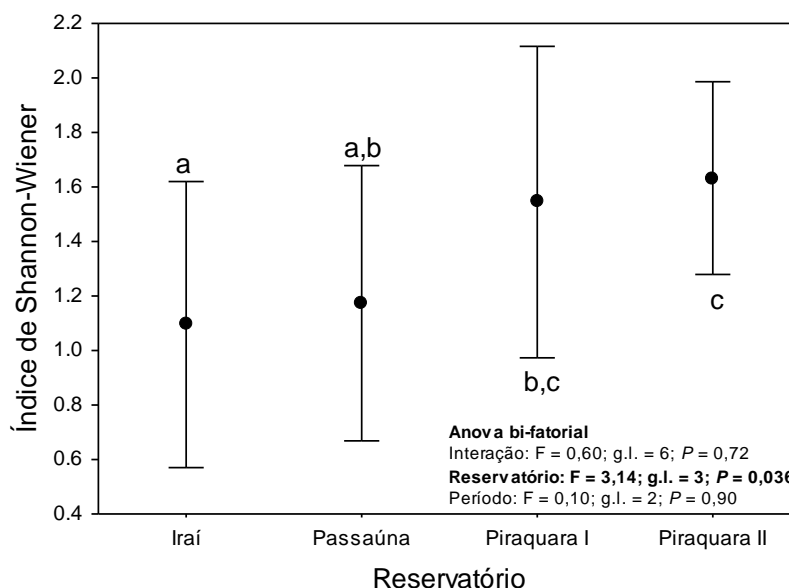


Figura 7. Média  $\pm$  desvio padrão da diversidade de Shannon-Wiener de macrófitas aquáticas entre reservatórios. Os resultados de uma análise de variância bi-fatorial estão mostrados no gráfico. Letras diferentes indicam valores estatisticamente diferentes segundo um teste LSD de Fisher ( $P < 0,05$ ).

A diversidade beta dos bancos de macrófitas não variou entre reservatórios ( $F = 0,54$ ; g.l. = 3;  $P = 0,657$ ) e períodos ( $F = 0,86$ ; g.l. = 2;  $P = 0,431$ ), e nem houve efeito da interação desses fatores ( $F = 1,96$ ; g.l. = 6;  $P = 0,098$ ). Em outras palavras, a substituição de espécies ao longo dos bancos foi similar entre reservatórios e constante ao longo do tempo.

A composição das espécies de macrófitas aquáticas variou entre reservatórios dependendo do período de amostragem, segundo uma PERMANOVA bi-fatorial (Figura 8). A partir de uma ordenação NMDS, foi possível observar que sempre há um reservatório que difere dos demais, mas não sempre o mesmo (Figura 8). Em Out./2011, o reservatório Passaúna apresentou a composição mais distinta comparado com os outros dois períodos. Em Jan. e Jun./2012, o reservatório Iraí apresentou a composição mais distinta, enquanto que os reservatórios do rio Piraquara não apresentaram grandes diferenças na composição. Também houve variação temporal para todos os reservatórios (Figura 8). Porém, o reservatório Iraí foi o menos variável. A composição entre Jan. e Jun./2012 foi mais similar do que Out./2011 para os três outros reservatórios. Também é interessante notar que a variação espacial da composição dentro de reservatórios (entre pontos de amostragem) em Out./2011 foi pequena apenas para o reservatório Piraquara I. Por outro

lado, as composições do reservatório Piraquara II foram mais homogêneas espacialmente em Jan. e Jun./2012, quando comparadas com Out./2011 (Figura 8).

Segundo análise IndVal, os quatro reservatórios apresentaram diferentes espécies indicadoras (Tabela 2). Para essa análise, as matrizes dos reservatórios em diferentes períodos foram analisadas conjuntamente. Dessa forma, apenas as espécies que constantemente podem ser consideradas indicadoras de um determinado reservatório foram identificadas. Não avaliamos variações temporais no valor indicador das espécies, pois isso dificultaria o uso de espécies indicadoras por aqueles responsáveis pelo manejo e conservação dos reservatórios.

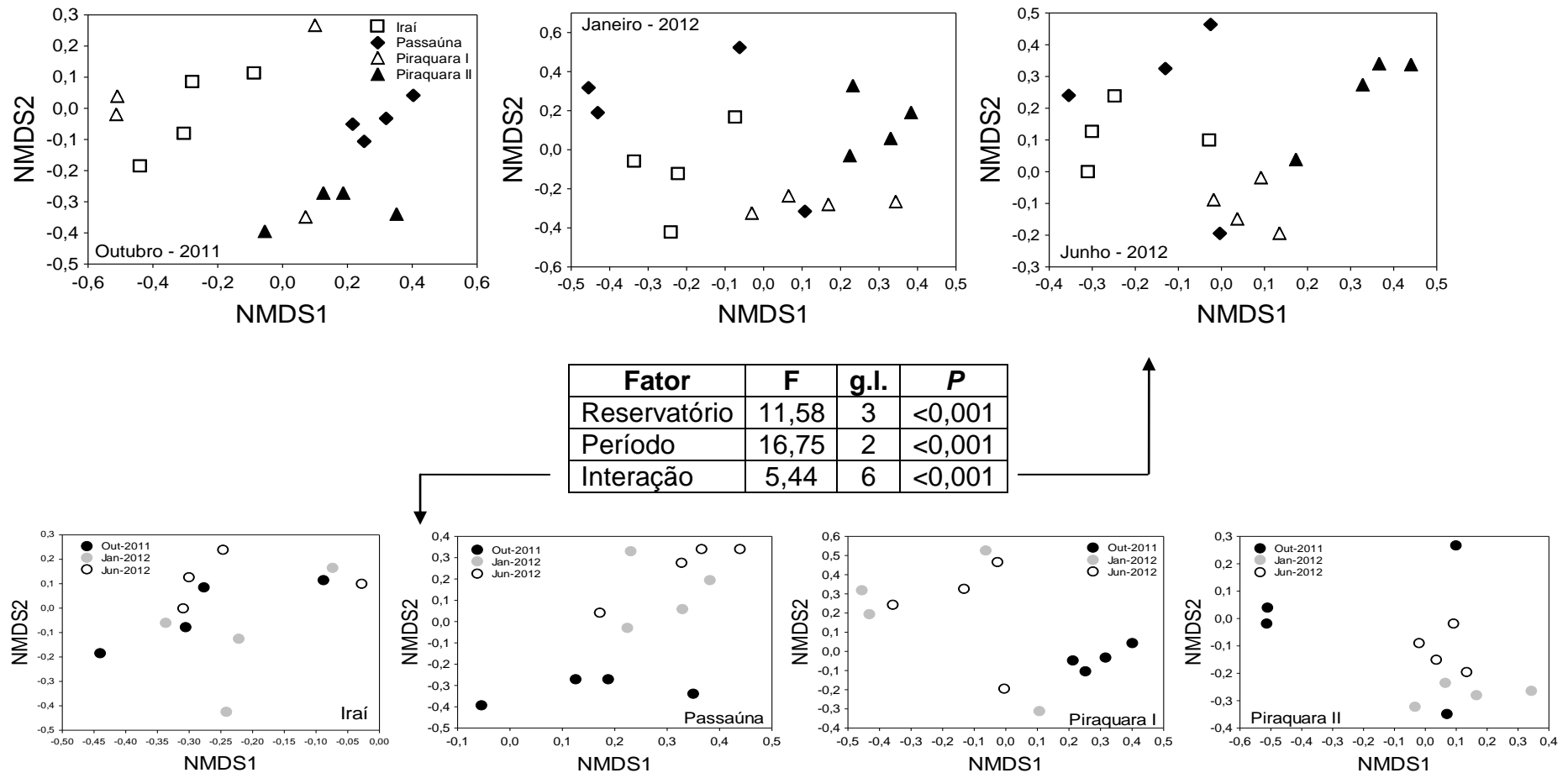


Figura 8. Resultados de uma PERMANOVA e escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) mostrando diferenças entre a composição de macrófitas aquáticas entre períodos para cada reservatório e entre reservatórios para cada período. O valor de stress para os dois primeiros eixos é 17,82

Tabela 2 – Valor indicador e probabilidade de erro do tipo I associado (*P*) das espécies significativamente bioindicadoras dos reservatórios analisados.

<b>Espécie</b>	<b>Reservatório</b>	<b>Valor Indicador</b>	<b><i>P</i></b>
<i>Panicum aquaticum</i>	Iraí	0,583	0,001
<i>Leersia hexandra</i>	Iraí	0,333	0,011
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	Iraí	0,424	0,047
<i>Ludwigia leptocarpa</i>	Passaúna	0,282	0,035
<i>Salvinia mínima</i>	Piraquara I	0,333	0,011
<i>Cyperus luzulae</i>	Piraquara I	0,413	0,019
<i>Carex brasiliensis</i>	Piraquara II	0,333	0,006
<i>Paspalum mandiocanum</i>	Piraquara II	0,367	0,008
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Piraquara II	0,591	0,046

#### 4 DISCUSSÃO

O entendimento da variação da comunidade de plantas aquáticas tem grande importância teórica e prática para o manejo e conservação da biodiversidade aquática. De fato, a avaliação das fontes de variação espacial e temporal dessa comunidade já foi estudada previamente por diversos autores em diferentes localidades (Junk *et al.*, 1989; Maltchik *et al.*, 2007; Thomaz *et al.*, 2009; Padial *et al.*, 2012), incluindo reservatórios (Bini *et al.*, 1999; Carvalho *et al.*, 2003; Martins *et al.*, 2003; Mormul *et al.*, 2010). Considerando, o presente estudo, há clara variação espacial da biodiversidade e composição de macrófitas aquáticas em reservatórios da região metropolitana de Curitiba. Uma variação temporal também foi observada, mas somente em relação à riqueza e composição de espécies.

O aumento da riqueza de espécies ao longo do tempo, independente do reservatório, pode ser explicada pela estabilidade desses ecossistemas. De fato, tais ambientes são favoráveis para o aumento da biodiversidade de plantas aquáticas (Fernandes *et al.*, 2008). A baixa intensidade de variação ambiental e as condições limnológicas podem promover a co-existência de espécies que gradualmente colonizam o reservatório. De fato, após grandes distúrbios, é esperado que a comunidade regional seja “homogeneizada” (Thomaz *et al.*, 2007), ocorrendo a extinção local de espécies raras (Glenn; Collins, 1992).

Por outro lado, os resultados indicam que a dominância relativa das espécies é temporalmente invariável, sugerindo que apesar da chegada de novas espécies, essas não mudam a distribuição da abundância da comunidade. Consequentemente, o índice de diversidade de Shannon-Wiener também permaneceu invariável. Finalmente, não se pode desconsiderar que um aumento gradual da riqueza de espécies pode ser devido a um viés de amostragem. Após várias amostragens, a detecção de espécies raras no banco de macrófitas pode ficar mais evidente pelo pesquisador.

Como esperado, a biodiversidade variou entre reservatórios. Tal diferença foi especialmente afetada pela equitabilidade, que consequentemente determinou as diferenças espaciais no índice de Shannon-Wiener. A explicação mais plausível para tais resultados está relacionada com o fato das macrófitas serem claramente afetadas por variáveis relacionadas à trofia do ambiente (Lacoul; Freedman, 2006), e que os reservatórios estudados são troficamente distintos (veja descrição dos reservatórios nos métodos e IAP, 2009). De fato, reservatórios menos eutróficos (Piraquara I e II) foram mais diversos que reservatórios com maior grau de degradação (Iraí e Passaúna).

Outra métrica que pode fornecer importantes informações sobre a dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas é o tamanho do banco das plantas. Em reservatórios com altas quantidades de nutrientes, grandes bancos podem se desenvolver (Pieterse; Murphy, 1990). Entretanto, os resultados não corroboram à expectativa que reservatórios mais eutrofizados apresentam maiores bancos de macrófitas. Apesar de não analisado, é visível a contribuição de grandes bancos de macrófitas submersas para o cálculo da extensão do banco nos reservatórios do rio Piraquara, que contém menor quantidade de nutrientes. Se há aumento de nutrientes em reservatórios, pode também haver grande crescimento de algas e, consequentemente, redução da transparência da água (Barbosa *et al.*, 1999). Nesses ambientes, bancos de macrófitas também podem ser menores quando comparados com reservatórios com grande desenvolvimento de submersas. Assim, a expectativa inicial sobre a extensão do banco de macrófitas pode estar conceitualmente equivocada quando reservatórios com desenvolvimento de macrófitas submersas e emergentes são comparados.

Apesar da diferença em relação à diversidade, os bancos de macrófitas dos reservatórios tiveram o mesmo padrão de substituição de espécies. A estabilidade da organização local de macrófitas, que determina a diversidade beta dos bancos, está diretamente relacionada com as variações ambientais (Padial *et al.*, 2009). Visto que os reservatórios são sujeitos a aproximadamente as mesmas variações ambientais (apesar de serem limnologicamente distintos, veja acima), é compreensível que o padrão de organização local seja o mesmo. Além disso, a variação da beta-diversidade dos bancos entre regiões de cada reservatório também foi muito alta para todos os reservatórios. Os menores e maiores valores de diversidade beta para os quatro reservatórios ocorreram em Out./2011 e Jun./2012 respectivamente sendo eles: Iraí (13,33 - 500); Passaúna (31,03 - 532,4); Piraquara I (23,68 - 783,3) e Piraquara II (19,95 - 592,4). O estudo da variação na beta-diversidade é um complexo desafio que tem recentemente inspirado ecólogos (Melo *et al.*, 2011). Dessa forma, estudos mais aprofundados ainda são necessários para entender como a beta-diversidade varia em diferentes escalas espaciais (Melo *et al.*, 2011).

Os mecanismos que causam variação na composição específica entre as comunidades locais de uma metacomunidade são geralmente agrupados em mecanismos relacionados ao nicho e aqueles relacionados com limitação de dispersão (Beisner *et al.*, 2006, Nabout *et al.*, 2009). Apesar de requerer outro protocolo de análise (veja Peres-Neto *et al.*, 2006), os dados sugerem que os dois mecanismos podem ser importantes para explicar as variações nas composições específicas das comunidades locais de macrófitas. Por exemplo, as diferenças entre os reservatórios Iraí, Piraquara I e II devem ser relacionadas com diferenças ambientais locais, pois indivíduos e espécies podem ser facilmente dispersos entre estes lagos que se separam por poucos quilômetros de distância. Já, diferenças entre o reservatório Passaúna e os demais podem ser explicadas ou por diferenças ambientais ou por limitação por dispersão, já que ele está localizado no lado oposto da cidade, e não há curso d'água que faça a ligação entre os lagos diretamente sem que haja um deslocamento contra a corrente. Visto que macrófitas dispersam majoritariamente por propágulos vegetativos (Thomaz; Bini, 1998), tal distância pode representar uma barreira para dispersão dos indivíduos. De qualquer



forma, esse tópico deve ser estudado em mais detalhes nos futuros estudos de macrófitas nos reservatórios da região metropolitana de Curitiba. Finalmente um grande desafio futuro é entender como os mecanismos variam temporalmente, visto que as magnitudes de diferenças entre reservatórios dependeram do período amostral (apesar de sempre haver diferenças na ordenação NMDS, veja Figura 8).

Como esperado, as diferenças entre os ambientes amostrados também podem ser representadas por espécies indicadoras de cada um (Dufrene e Legendre, 1997). Tais informações, além de fornecerem evidências de que tipo de vegetação existe em cada reservatório, também pode ser útil para o manejo e conservação dos recursos hídricos da região metropolitana de Curitiba. O foco foi identificar espécies típicas de cada reservatório (chamadas aqui de indicadoras, veja Dufrene e Legendre, 1997). Entretanto, tais espécies são um ponto de partida para a identificação de indicadores ambientais desses distintos reservatórios. De fato, macrófitas são comumente usadas para indicar condições ambientais (Pedralli, 2003).

Apesar de artificiais, os reservatórios de abastecimento da região metropolitana de Curitiba são considerados áreas de alta concentração de biodiversidade (IAP 2009). Dados do IDS 2010 (Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/ids2010.pdf>) mostram que os cursos d'água de Curitiba estão entre os mais poluídos do Brasil. Portanto, uma alta diversidade de espécies de interesse para conservação se concentram em locais nos quais o acesso é controlado e de interesse para preservação, como reservatórios de abastecimento de água para a população. Além disso, a comunidade de macrófitas é central para esforços de manejo e conservação. Por um lado macrófitas podem se tornar daninhas para os propósitos de reservatórios (Thomaz e Bini, 1998), devido ao potencial crescimento exacerbado. Por outro lado, macrófitas tem um papel central nos corpos aquáticos promovendo a diversidade de praticamente todas as outras comunidades aquáticas (Thomaz e Bini, 2003). Dessa forma, o entendimento da dinâmica espacial e temporal dessa comunidade é central para subsidiar ações de manejo e conservação. Em suma, nossos resultados ressaltam que a comunidade de macrófitas, mesmo em sistemas estáveis

como reservatórios, e mesmo entre locais geograficamente próximos, apresentam uma significativa variação espacial nas métricas de biodiversidade e composição específica. Tal co-existência das diversas espécies na região metropolitana de Curitiba deve promover a diversidade regional dos grupos que interagem direta e indiretamente com a comunidade de plantas aquáticas. Ao mesmo tempo, esforços de monitoramento e conservação devem ser propostos para cada reservatório individualmente (veja também Padial *et al.* 2012). Há evidências que variações são também importantes para a estruturação das comunidades, mas o período estudado não permite obter padrões claros, que devem ser identificados em futuros estudos nos mesmos locais. Isso ressalta a necessidade da continuidade do monitoramento das plantas aquáticas desses reservatórios e sugere que generalizações não podem ser usadas a partir de coletas em poucos períodos amostrais.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Julio Jr., H. F. 2003. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Maringá: Eduem. 261-280.
- Anderson, M. J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol.* 26, 32–46.
- Barbosa, F. A. R., Padisák, J., Espíndola, E. L. G., Borics, G., Rocha, O. 1999. The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tietê-basin, São Paulo State, Brazil, p. 452-437. In J.G. Tundisi & M. Straškraba (eds.). *Theoretical Reservoir Ecology and Its Applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys, Leiden, Netherlands.
- Beisner, B. E., Peres-Neto, P. R., Lindstrom, E. S., Barnett, A., Longhi, M. L. 2006. The role of environmental and spatial processes in structuring lake communities from bacteria to fish. *Ecology*, 87, 2985–2991.
- Bini, L. M., Thomaz, S. M., Murphy, K. J., Camargo, A. F. M. 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu reservoir, Brazil. *Hydrobiol.* 415, 147-154.
- Carvalho, F. T., Galo, M. L. B. T., Velini, E. D., Martins, D. 2003. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Barra Bonita, no rio Tietê. *Planta Daninha*. 21, 15-19.
- Dufrene, M., Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*. 67, 345-366.
- Fernandes, U. L., Oliveira, E. C. C., Lacerda, S. R. 2008. O perifíton como indicador da qualidade ambiental em um reservatório no município de Crato, Ceará. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 1-7.
- Glenn, S. M., Collins, S. L. 1992. Effects of Scale and Disturbance on Rates of Immigration and Extinction of Species in Prairies. *Oikos*. 63 2, 273-280.
- IAP - Instituto Ambiental do Paraná. 2009. Monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios do Estado do Paraná no período de 2005 a 2008. Editora fundamento.
- Junk, W. J, Bayley, P. B, Sparks, R. E. 1989. The flood pulse concept in rivers systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*. 106, 110-127.
- Lacoul, P., Freedman, E. B. 2006. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. *Environmental Reviews*. 14, 89–136.

Maltchik, L., Rolon, A. S., Schott, P. 2007. Effects of hydrological variation on the aquatic plant community in a floodplain palustrine wetland of southern Brazil. *Limnology* 8, 23–28.

Martins, D., Velini, E. D., Piteli, R. A., Tomazella, M. S., Negrisoli, E. 2003. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Light – RJ. *Planta Daninha* 21, 105-108.

McAbendroth, L., Foggo, A., Rundle, S. D., Bilton, D. T. 2005. Unravelling nestedness and spatial pattern in pond assemblages. *Journal of Animal Ecology*. 74, 41 49.

Melo, A. S., Schneck, F., Hepp, L. U., Simões, N. R., SIQUEIRA, T., Bini, L. M. 2011. Focusing on variation: methods and applications of the concept of beta diversity in aquatic ecosystems. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 23, 318-331.

Mormul, R. P., Ferreira, F. A., Michelin, T. S., Carvalho, P., Silveira, M. J., Thomaz, S. M. 2010. Aquatic macrophytes in the large, sub-tropical Itaipu Reservoir, Brazil. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* 58 4, 1437-1452.

Nabout, J. C., SIQUEIRA, T., Bini, L. M., Nogueira, I. S. 2009. No evidence for environmental and spatial processes in structuring phytoplankton communities. *Acta Oecologica (Montrouge)*. 35, 720-726.

Padial, A. A., Bini, L. M., Thomaz, S. M. 2008. The study of aquatic macrophytes in Neotropics: a scientometrical view of the main trends and gaps. *Braz. J. Biol.* 68 4, 1051-1059.

Padial, A. A., Carvalho, P., Thomaz, S. M., Boschilia, S. M., Rodrigues, R. B., Kobayashi, J. T. 2009. The role of an extreme flood disturbance on macrophyte assemblages in a Neotropical floodplain. *Aquatic Sciences (Printed ed.)*. 71, 389-398.

Padial, A. A., Siqueira, T., Heino, J., Vieira, L. C. G., Bonecker, C. C., Lansac-Tôha, F. A., Rodrigues, L. C., Takeda, A. M., Train, S., Velho, L. F. M., Bini, L. M. 2012. Relationships between multiple biological groups and classification schemes in a Neotropical floodplain. *Ecological Indicators*. 13, 55–65.

Pedralli, G. 2003. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. In: Thomaz, S. M., Bini, L. M. *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM, cap. 8: 171-188

Peres-Neto, P., Legendre, P., Dray, S., Borcard, D. 2006. Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology*, 87, 2614–2625.

Pieterse, A. H., Murphy, K. 1990. Aquatic Weeds. The Ecology and Management of Nuisance Aquatic vegetation. Oxford Science, New York, USA.

R Development Core Team. 2009. R version 2.9.0. P Project for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Sanepar - Saneamento do Paraná. Reunião com funcionários responsáveis pelo manejo de macrófitas nos reservatórios da Sanepar. Curitiba, 20/09/2011

Statsoft, Inc. 2005. Statistica (data analysis software system), version 7.1.

Thomaz, S. M., Bini, L. M. 1998. Ecologia e manejo de macrófitas em reservatórios. *Acta Limnol. Brasil.* 10 1, 103-116.

Thomaz, S. M., Bini, L. M., De Souza, M. C., Kita, K. K., Camargo, A. F. M. 1999. Aquatic macrophytes of Itaipu reservoir, Brazil: Survey of species and ecological considerations. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 42 1, 15-22.

Thomaz, S. M., Bini, L. M. 2003. Ecologia e Manejo de macrófitas aquáticas. Ed. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná. 341 p.

Thomaz, S. M., Bini, L. M., Bozelli, R. L., 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* 579, 1–13.

Thomaz, S. M., Carvalho, P., Padial, A. A., Kobayashi, J. T. 2009. Temporal and spatial patterns of aquatic macrophyte diversity in the Upper Paraná River floodplain. *Braz. J. Biol.* 69 2, 617-625.

Thomaz, S. M., Cunha, E. R. 2010. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia.* 22 2, 218-236.

Van Der Valk, A. G. 2005. Water-level fluctuations in North American prairie wetlands. *Hydrobiologia.* 539, 171–188.

Vollenweider, R. A. 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. OECD Technical Report. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. Technical Report DAS/CS 1/68. 27, 250.

## ANEXO

Normas da Revista **Checklist – Journal of species list and distribution** ISSN: 1809-127x

### GENERAL INFORMATION

#### Categories of papers:

Two types of papers are considered for publication: Notes on Geographic Distribution (NGD) and Lists of Species (LS). NGDs should provide reports of occurrence of one or a few species in a given area or locality. A LS is generally a species inventory from a given locality.

#### Format rules:

Please pay careful attention to guidelines provided here while preparing your manuscript. If, after reading instructions provided here, you still have questions, please contact the Editor-in-Chief. Manuscripts that are not presented according to Check List guidelines will be sent back to authors without review. Please keep in mind that currently, over 80% of manuscripts are returned to authors without review, resulting in delay in the review process. The main reasons are that authors do not read and follow instructions in this webpage, resulting in problems, of which the most frequent are: lack of proper English, names of potential referees not indicated, use of grey literature, incorrect citations of literature or 'in text' citations, and nomenclatural instructions not in accordance with Check List guidelines. If you want a rapid review process for your manuscript, please start by reading and following instructions carefully.

### MANUSCRIPT STYLE AND FORMAT

The manuscript must be submitted as a Word document (.doc) or Rich Text Format (.rtf), double-spaced throughout (including tables and references), 2.0 cm margins on 21.0 x 29.7 cm (A4) paper. Please use Times New Roman 12 and do not format table lines. All pages should be numbered consecutively (except the cover page). Manuscripts must be submitted in the order specified below for each manuscript category (NGD or LS). Please indicate the category in the first line of the document.

#### Voucher Policy:

All submitted manuscripts must be in accordance with the journals Voucher Policy. [Click here](#) to download the Voucher Policy of Check List.

### INSTRUCTIONS FOR LISTS OF SPECIES (LS)

This section is dedicated to a complete species inventory from a given locality. Maps, color photographs and tables of species listed are recommended. A LS should be organized as follows:

Category of paper and short title (Cover page)

Indicate in the first line of the manuscript its category (NGD or LS). The second line must contain a short title (up to 90 characters with spaces).

Title (Cover page)

Left to the author(s) discretion.

Starting March 2011, the Check List editorial board has decided that titles will no longer be required to follow the previously strict formatting policy used by the journal. However, some information is required, as follows:

Brief Description of studied taxa.

Brief description of article. Ex.: Inventory; Checklist; List of species; Species composition.

Examples of titles:

Mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) of the Florida Keys, Florida, United States of America.

Fishes from the Lower Urubamba river near Sepahua, Amazon Basin, Peru.

Author(s) (Cover page)

Name(s) with respective institutions and corresponding author (provide e-mail):

First Name and Surnames 1\*, First Name and Surnames 2 and First Name and Surnames 1

1 University, Institute, Departament. Complete Address. Zip code (or CEP). City, State, (abbreviation), Country.

2 University, Institute, Departament. Complete Address. Zip code (or CEP). City, State, (abbreviation), Country.

\* Corresponding author. E-mail: author@company-or-university

**ABSTRACT** (Second page forward) Up to 150 words.

**INTRODUCTION** (Second page forward) Brief.

**MATERIALS AND METHODS** Study site; Data Collection (any sort of permits/authorizations should be mentioned in this section); Data Analysis (optional).

**RESULTS AND DISCUSSION** Articles presenting just a list of species, without any kind of discussion concerning its results will not be accepted for publication.

**ACKNOWLEDGEMENTS (optional)** Permits/authorizations should be mentioned in Materials and Methods, not in the Acknowledgements.

**LITERATURE CITED** Journal titles should be in full, not abbreviated. Volume should be followed by issue number in parenthesis in every journal reference. Cited publications should be included in alphabetical order in the following formats (attention to the usage of upper and lowercases, commas, semi-colon, brackets, spaces, italics and English words):

**Citing Check List articles:** e.g.: Arroyo-Rodriguez, V., J.C. Dunn, J. Benitez-Malvido and S. Mandujano. 2009. Angiosperms, Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Veracruz, Mexico. Check List 5(4): 787-799.

**Journal articles with usual volume and issue number:** e.g.: França, M.V.N. 1999. La extinción de los zorros (Foxidae: Foxtrotus spp.) de España. *Perro Negro* 20(3): 251-265.

**Two authors in a journal series:** e.g.: Westerman, A.C.B. and E.M. Wistuba. 2007. Born to be wild: Behaviour studies on Steppe wolves. *Canadian Canids* 51(1): 25-27.

**More than two authors in a journal series:** e.g.: Ferraz, M.J.O., P. Pinheiro, M.C. Wachowicz and L.M. Kozak. 2006. A new Wild dog (Canidae: Archaeocerberus) from Madagascar with description of its disgusting habits. *South African Mastozoological News* 33(6): 339-349.

**Chapter in an edited volume:** e.g.: Gutberlet-Jr., R.L. and M.B. Harvey. 2004. The Evolution of New World Venomous Snakes; p. 634-682 In J.A. Campbell and W.W. Lamar (ed.). *The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere. Volume II.* Ithaca: Comstock Publishing Associates.

**Books:** e.g.: Felde, G. and M. Staveski. 2001. *O lobo-guará nos campos do sul do Brasil.* Curitiba: Artes de Antes. 210 p.

**Electronic publications:** e.g.: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. Electronic Database accessible at <http://www.iucnredlist.org/>. Captured on 29 October 2010.

Important remark: gray literature will not be accepted.

» "Gray Literature" is scientific or technical literature that is not available through the usual bibliographic sources such as databases or indexes, i.e. that can not be found easily through conventional channels such as regular scientific journals or the internet (scientific open journals).

» Technical reports, pre-prints, committee reports, proceedings (conference, congress and symposia), as well as unpublished works (Monographs, Dissertations and Theses), will be considered gray literature, even if available on the internet. If strictly necessary, the use of gray literature information must be cited as "unpublished data" or "personal communication". However, the acceptance of this kind of reference will depend on the Subject Editor's decision on a case-to-case basis.

» Articles "in press/accepted" should be referred to only if the author has already received the formal/final acceptance from the editor. A journal document proving the acceptance can be directed to Check List.

## **INSTRUCTIONS FOR NOTES ON GEOGRAPHIC DISTRIBUTION (NGD)**

This section is dedicated to geographic distribution notes. NGD should be organized into categories, such as distribution extension, distribution reduction, historical occurrence, filling gaps, or any other not listed here.



Normas revista **AQUATIC BOTANY** ISSN: 0304-3770

Fator de impacto

2011: 1.516 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2012

## GUIDE FOR AUTHORS

### INTRODUCTION

Aquatic Botany is concerned with fundamental studies on structure, function, dynamics and classification of plant-dominated aquatic communities and ecosystems, as well as molecular, biochemical and physiological aspects of aquatic plants. It is also an outlet for papers dealing with applied research on plant-dominated aquatic systems, including the consequences of disturbance (e.g. transplantation, influence of herbicides and other chemicals, thermal pollution, biological control, grazing and disease), the use of aquatic plants, conservation of resources, and all aspects of aquatic plant production and decomposition.

Types of paper

1. Original research papers (Regular Papers)
2. Review articles
3. Short Communications
4. Letters to the Editor

Regular papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form. Review articles should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. They may be submitted or invited. A Short Communication is a concise but complete description of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than 6 printed pages (about 12 manuscript pages, including figures, tables and references).

Letters to the Editor offering comment or appropriate critique on material published in the journal are welcomed. The decision to publish submitted letters rests purely with the Editor-in-Chief. Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh ([www.freshwaterbiodiversity.eu](http://www.freshwaterbiodiversity.eu))

### AUTHOR INFORMATION PACK

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review. Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or contact [authorsupport@elsevier.com](mailto:authorsupport@elsevier.com) for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising

### PREPARATION

Use of wordprocessing software. It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your wordprocessor.

### Article structure

Subdivision - numbered sections. Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered

1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this

numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

#### Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

#### Experimental

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

#### Results

Results should be clear and concise.

#### Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

#### Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

#### Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc. Essential title page information

- Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- Author names and affiliations. Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.
- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

#### Abstract

A concise and factual abstract is required, no longer than 400 words. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separate from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, they must be cited in full, without reference to the reference list. Also, nonstandard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

#### Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. Authors can make use of Elsevier's

Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

#### Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

#### Keywords

Immediately after the abstract, provide keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

#### Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

#### Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

#### Nomenclature and Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI.

#### Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

#### Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

#### Artwork

##### Electronic artwork

##### General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as 'graphics' or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

##### Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF: Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required. If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is'.

Please do not:

- Supply files that are optimised for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or on the Web only.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference Style

Text:

All citations in the text should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. Two authors: both authors' names and the year of publication;
3. Three or more authors: first author's name followed by "et al." and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed chronologically.

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

Use the following system for arranging your references:

a. For periodicals

Stewart, D.A., Agnew, D., Boyd, R., Briggs, R., Toland, P., 1993. The derivation of changes in Nephrops per unit effort values for the Northern Ireland fishing fleet. *Fish. Res.* 17, 273-292.

b. For edited symposia, special issues, etc. published in a periodical

Roberts, R.J., 1993. Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids. In: Bruno, D.W. (Ed.), *Pathological conditions of wild salmonids*. *Fish. Res.* 17, 3-14.

c. For books

Gaugh, Jr., H.G., 1992. *Statistical Analysis of Regional Yield Trials*. Elsevier, Amsterdam.

d. For multi-author books

Bucke, D., 1989. Histology. In: Austin, B., Austin, D.A. (Eds.), *Methods for the Microbiological Examination of Fish and Shellfish*. Wiley, New York, pp. 69-97.

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained.

However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added.

Work accepted for publication but not yet published should be referred to as "in press".

References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to Index Medicus journal abbreviations: <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>; List of title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>; CAS (Chemical Abstracts Service): <http://www.cas.org/sent.html>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file.